Aus der Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. H. Schürmann

Die Entwicklung der zahnärztlichen Röntgendiagnostik

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Irmgard Rupperti

aus Kitzingen

Würzburg 1955

Aus der Klinik für Haut- und Geschlechtskrankheiten der Universität Würzburg
Vorstand: Professor Dr. med. H. Schürmann

Die Entwicklung der zahnärztlichen Röntgendiagnostik

Inaugural-Dissertation

verfaßt und der

Hohen Medizinischen Fakultät

der

Julius-Maximilians-Universität Würzburg

zur

Erlangung der zahnmedizinischen Doktorwürde

vorgelegt von

Irmgard Rupperti

aus Kitzingen

Tag der mündl. Prüfung:
27. Okt. 1955

Würzburg 1955

Referent: Privatdozent Dr. med. G. Bonse

Korreferent: Professor Dr. med. H. Wolf

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Gedruckt mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät der
Universität Würzburg

Meinen lieben Eltern in Dankbarkeit!

Inhaltsverzeichnis

Die Entdeckung der Röntgenstrahlen und die ersten Anwendungsversuche in der zahnärztlichen Diagnostik.

I) Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Zahnheilkunde von 1895—1914. Seite 6

1) Allgemeine Diagnostik in der Orthodontie Chirurgie Konservierenden Zahnheilkunde Prothetik 7

2) Die Röntgenstrahlen im Dienste der Wissenschaft: Röntgenogramme der Druckbahnen der einzelnen Zähne Entwicklung der Zähne im Röntgenbild Röntgenologische Untersuchung des Kiefergelenks und der Kieferhöhle 10

3) Die Entwicklung des Filmmaterials 12

4) Verbesserungen des Röntgeninstrumentariums Hochspannungserzeuger Röntgenröhren Hochfrequenzapparate Hilfseinrichtungen 13

5) Zur Projektionslehre 16

6) Projektionstechnik 18

II) Die Röntgendiagnostik im Weltkrieg 1914—1918 Methoden zur Fremdkörperlokalisierung 23

III) Die Röntgendiagnostik von 1918 bis zur Jetztzeit Spezialisierung der Untersuchungsmethoden 27

1) „Herdinfektion und Oralsepsis" 28

2) Die Behandlungsfragen bei Pulpenerkrankungen im Röntgenbild 31

3) Zur Frage der „Alveolarpyorrhoe" 32

4) Möglichkeiten und Grenzen der Röntgendiagnose 33

5) Röntgendarstellung der Erkrankungen und Verletzungen im Kieferbereich 35

6) Diagnostik der Kieferhöhlenerkrankungen 39

7) Die Röntgenstrahlen in der Kieferorthopädie 41

IV) Zusammenfassung 42

V. Literaturverzeichnis 44

Die Röntgenstrahlen wurden am 8. November 1895 von Prof. Dr. Wilhelm Conrad Röntgen in Würzburg beim Experimentieren mit Kathodenstrahlröhren entdeckt, als bei kräftigen elektrischen Entladungen ein gegen sichtbares Licht abgeschirmter Bariumplatincyanürschirm aufleuchtete. Diese Erscheinung führte gleichzeitig zur Erkenntnis einer besonderen Eigenschaft der neuentdeckten Strahlen, die zur Grundlage einer vollkommen neuen Art der Diagnostik in der Medizin überhaupt wurde:
sie hatten die Fähigkeit Stoffe zu durchdringen, die für sichtbares Licht undurchlässig waren.

Das Fundament des Röntgenbildes gab Röntgen in seiner ersten Mitteilung „Über eine neue Art von Strahlen" im Dezember 1895 im Rahmen der physikalisch-medizinischen Gesellschaft zu Würzburg mit den Worten: „Von besonderer Bedeutung in mancher Hinsicht ist die Tatsache, daß photographische Trockenplatten sich als empfindlich für die X-Strahlen erwiesen haben. Man ist imstande, manche Erscheinungen zu fixieren, wodurch Täuschungen leichter ausgeschlossen werden, und ich habe, wo es irgend anging, jede wichtige Beobachtung, die ich mit dem Auge am Fluoreszensschirm machte, durch eine photographische Aufnahme kontrolliert. Die Berechtigung für das von der Wand des Entladungsapparates ausgehende Agens den Namen „Strahlen" zu verwenden, leite ich zum Teil von der ganz regelmäßigen Schattenbildung her, die sich zeigt, wenn man zwischen den Apparat und den fluoreszierenden Schirm oder die photographische Platte mehr oder weniger durchlässige Körper bringt. Viele derartige Schattenbilder, deren Erzeugung mitunter einen ganz besonderen Reiz bieten, habe ich beobachtet und teilweise auch photographisch aufgenommen; so besitze ich z. B. Photographien von den Schatten der Profile einer Türe, welche die Zimmer trennt, in welchen einerseits der Entladungsapparat, andererseits die photographische Platte aufgestellt waren; von den Schatten der Handknochen; von dem Schatten eines auf einer Holzspule versteckt aufgewickelten Drahtes; eines in einem Kästchen eingeschlossenen Gewichtsatzes; einer Bussole, bei welcher die Magnetnadel ganz von Metall eingeschlossen ist; eines Metallstückes, dessen Inhomogenität durch die X- Strahlen bemerkbar wird; etc."

Bereits am 23. Januar 1896 folgte die Bekanntgabe weiterer praktischer Ergebnisse. Die Sitzung schloß mit der berühmt gewordenen Aufnahme der Hand Köllikers und dem Vorschlag zur Benennung der X-Strahlen mit „Röntgenstrahlen". Andere Mitteilungen wurden am 9. März 1896 und am 13. Mai 1897 veröffentlicht. In diesen drei Arbeiten hat Röntgen bereits die

physikalischen Eigenschaften der Röntgenstrahlen fast restlos erkannt und in kurzer, präziser Weise bekannt gegeben. Zusammengefaßt betrafen sie:

1) die Erregung von Fluoreszenz,
2) ihre Einwirkung auf fotografische Schichten,
3) allseitig geradlinige und radiäre Ausbreitung vom Ort ihrer Entstehung aus,
4) ihre Schwächung innerhalb des zu durchleuchtenden Körpers entsprechend seiner Zusammensetzung nach Dicke, Dichte und Ordnungszahlen seiner Atome,
5) die Durchdringungsfähigkeit entsprechend ihrer Härte, und
6) die Erzeugung sekundärer Strahlen beim Durchgang durch ein Medium.

Wesentlich Neues brachte eigentlich nur die große Entdeckung Max von Laues und seiner Mitarbeiter Friedrich und Knipping über die Wellennatur der Röntgenstrahlen im Jahre 1912.

I) Die Anwendung der Röntgenstrahlen in der Zahnheilkunde von 1895–1914

14 Tage nach der 1. Veröffentlichung nahm Giesel (Braunschweig), ebenfalls mit einer einfachen, nahezu luftleeren Hittorfschen Röhre in Form einer größeren Glühlampe, Röntgenaufnahmen vor und veröffentlichte in der Leipziger Illustrierten Zeitung das Bild eines Kanarienvogels, dessen Skelettknochen in allen Einzelheiten wiedergegeben waren. Auf die Bitte Walkhoffs machte Giesel von ihm anfang Dezember 1895 eine erste Zahnaufnahme im Molarengebiet bei einer Expositionszeit von 25 Minuten. Die zurechtgeschnittene fotografische Platte war mit schwarzem Papier umwickelt und mittels Cofferdam an der Zahnreihe befestigt worden. Die Aufnahme selbst ergab jedoch nur undeutliche Schattenrisse der Zähne in einem nicht differenzierbaren Knochengewebe.

Bessere Resultate brachte erst die Entwicklung des Kathodenrohres zur „Fokusröhre". Die Kathodenstrahlen trafen nun nicht mehr unmittelbar auf die Glaswand der Röhre auf, sondern auf Substanzen mit hohem Atomgewicht (Platin, Tantal). Die Zentrierung von einem Punkt aus gelang durch hohlspiegelartige Gestaltung der Kathode. Die Vorteile dieser Verbesserung lagen einmal in der erhöhten Ausbeute der Röntgenstrahlen, zum andern konnte die Röhrenwiderstandskraft um ein Vielfaches gesteigert werden, da die sonst bei der Abbremsung der Kathodenstrahlen entstandenen hohen Wärmegrade die Glaswand der Röhre frühzeitig zum Schmelzen brachten. Röntgen berichtet 1896: „Ich gebrauche seit einigen Wochen mit gutem Erfolg einen Entladungsapparat, bei dem ein Hohlspiegel aus Aluminium als Kathode, ein unter 45° gegen die Spiegelachse geneigtes, im Krümmungszentrum aufgestelltes Platinblech als Anode fungiert." Später wurde diese Antikathode genannt und in Verbindung mit einer Anode gebracht. Röntgen empfahl noch, die Entladungsröhre so zu konstruieren, daß die zur Bilderzeugung verwendeten Strahlen das Platin unter einem möglichst großen, jedoch nicht viel über 80° hinausgehenden Winkel verlassen sollen, da man so schärfere Bilder erhalte.

Anfang Februar 1896 veröffentlicht König, Frankfurt, „14 Photographien mit Röntgenstrahlen", darunter einige Zahnaufnahmen. Es folgen Versuche von Albrecht, Schaeffer-Stuckert, Wiedemann, Geist und allgemein richtungsgebende Perspektiven von Morton in seiner Arbeit über „Die X-Strahlen und ihr Anwendungsgebiet in der Zahnheilkunde" mit Aufnahmen am mazerierten Schädel. Diese Studien zeigen die Möglichkeit einer röntgenologischen Differenzierung der „hinter den Knochenlamellen liegenden Objekte" auf. Ferner erkannte man, daß die Deutlichkeit eines mit Röntgenstrahlen erzeugten Schattenbildes durch die möglichst geringe Distanz von Objekt und Platte verbessert werden kann. Als weiteres Beispiel für die frühzeitige praktische Anwendung der Röntgenstrahlen legt Walkhoff 1896 im zahnärztlichen Zentralverein zu Erlangen ein Röntgenbild vor, dessen eigentümliche Verschattung sich als Speichelstein im Ductus Stenonianus erweist. Dieser Aufnahme folgen im Februar 1897, in der Versammlung des zahnärztlichen Vereins für Niedersachsen, die Projektionen ganzer Kopfaufnahmen mit Einschlüssen von Fremdkörpern als Ursache für bestehende Sehstörungen. Die Belichtungszeit für derartige Aufnahmen betrug 20—40 Minuten. Der betreffende Patient verlor die Haare der bestrahlten Seite. Und dennoch gestatteten diese Schädelaufnahmen keine differenzierte Wiedergabe der Verhältnisse in den Kieferknochen.

Zum Teil erklärt dies das Mißtrauen von Seiten der Praktiker, welches zu dieser Zeit im allgemeinen allen Arbeiten über die Anwendung der Röntgenstrahlen begegnete. Die auffällige Ruhe in den zahnärztlichen Blättern, die erst Ciescynski mit einer 1. Publikation im Jahre 1907 durchbrochen hat, wird außerdem in den Mißerfolgen zu suchen sein, die anfänglich naturgemäß beim Gebrauch der noch zu wenig bekannten und erprobten Methoden auftreten mußten. Dazu kamen die Schwierigkeiten der Aufnahmetechnik, die Unsicherheit in der Deutung der gewonnenen Bilder, die vielfach mit den zu jenen Zeiten noch nicht genügend geklärten pathohistologischen Verhältnissen zusammenhing. Das ändert sich mit der Herausgabe des „Atlas der Anatomie und Pathologie der Zähne und Kiefer" von Dieck, 1911. Dieses Werk, sowie die bisher erschienenen Arbeiten Ciescynskis, deren Ergebnisse dann im Jahre 1913 im „Leitfaden der zahnärztlichen Röntgenologie" kurz zusammengefaßt wurden, trugen viel zum Bekanntwerden der Röntgenuntersuchung in der Zahnheilkunde bei.

In der Zwischenzeit lag ihre Auswertung in den Händen einiger weniger Autoren, welche die Entdeckung Röntgens von vornherein als diagnostisches Hilfsmittel allerersten Ranges erkannt und im Laufe weniger Jahre zu einer hervorragenden Spezialwissenschaft ausgebaut haben.

Bis zum Weltkrieg 1914—1918 befaßten sie sich hauptsächlich mit der allgemeinen Untersuchung des Kiefers und seiner Umgebung. Diese erstreckte sich bald auf alle Gebiete der Zahnheilkunde:

Das Hauptobjekt röntgenologischer Diagnostik bildeten insbesondere retinierte Zähne, deren Feststellung mit klinischen Mitteln bis dahin nicht immer möglich gewesen war. So berichten Hoeck, Wien, von 30, Port-Peckert 1909 von 23 derartig röntgenuntersuchten Fällen und Bertens fügt weitere 4 interessante Bilder hinzu. Treymann, Wien, konnte durch die diagnostische Hilfe der Röntgenstrahlen eine für syphilitisch bedingt gehaltene Perforation des Nasenseptums ebenfalls als Folge eines retinierten Zahnes nachweisen. Eine ähnliche klinische Fehldeutung stellt die Rönt-

gendiagnose richtig in einem Fall von Fistelbildung am inneren Augenlid mit Lidschwellung und Protrusio bulbi, deren Ursache in der zystischen Entartung eines verlagerten Zahnes lag. Fälle von halber Retention veröffentlichen Port 1901; 1904 und Witzel 1907. Dieck beobachtete 1910 multiple Retention. Dabei war es von praktischem Interesse zu erfahren, ob es sich jeweils um heterotope Zahnretention, Inversion, Aberration oder Transposition handelte. Daß in der Auswertung dieser Tatsachen bald erkannt wurde, von welcher Bedeutung die Röntgenaufnahmen zur Beurteilung der Dentitionsanomalien sein können, und welche wertvollen Aufschlüsse sie für das therapeutische Verhalten zu erteilen vermögen, war offensichtlich. Montigel deutet 1910 darauf hin, daß die Radiografie in der Orthodontie maßgebende und auf anderem Wege gar nicht zu gewinnende Direktiven geben kann. Praktische Beispiele hierzu demonstrieren Miller, Witzel (1906), Berten (1899), Fabiunke (1909), Parreidt (1911) u. a., wenn sie von röntgenologisch nachgewiesener Resorption der Zahnwurzeln als Folge einer Regulierung sprechen oder vom Einfluß zu früher Extraktionen auf die Zahnkeime. Auf die Begutachtung der Wurzelverhältnisse vor Anfertigung einer Regulierung und die Notwendigkeit nachträglicher röntgenologischer Überprüfung der Retentionsphase wird hingewiesen. Grunmach veröffentlicht 1905 Röntgenbilder vor und nach der Behandlung eines offenen Bisses.

Neben dem röntgenologischen Nachweis der ungefähren Lage von Fremdkörpern, der Ursache von Fisteln und Verlaufsrichtung von Kieferbrüchen mit Kontrolle von Reposition und Heilungsverlauf, zog man ebenso die radiografisch—topografische Überprüfung des Zahnes selbst und seiner Nachbargewebe vor chirurgischen Eingriffen zurate; so z. B. bei Zahnfrakturen, Wurzelresten, Sequestern, Perforationen, ferner, um sich die nötige Klarheit in therapeutischer Hinsicht bei Dentitio difficilis zu schaffen. Witzel entwickelte 1907 auf Grund von Röntgenuntersuchungen die Infektions-Wachstums-Theorie der Dentitio difficilis, die insofern die Annahme von Partsch weiterleitet, als neben der von Partsch als sekundäre Folge eines Dekubitusgeschwürs bezeichneten Stomatitis ulcerosa tertii molaris, das Wachstum berücksichtigt wird. Die Beziehungen des unteren Weisheitszahnes zum Canalis mandibularis werden hervorgehoben und über Resorptions- und Appositionsvorgänge am aufsteigenden Ast berichtet. Wurzelanomalien (Guye 1903, Miller 1905, Dieck 1911), Persistenz von Milchzähnen und Zwillingsbildungen, über- und unterzählige Zähne (Berten, Apfelstädt 1910; Kersting, Witzel 1909, Peckert, Henle) wurden von Anfang an beobachtet; ebenso Kieferrandnekrosen, in die Kieferhöhle forcierte Zähne und Luxationen des Kiefergelenks. Außerdem kommen zur Veröffentlichung eine Reihe von Bildern mit der Darstellung von offenen und geschlossenen, von akuten und chronischen Abszessen (Guye, Schenk, Grunmach, Hesse), die neben den leicht erkennbaren Fällen nach Pulpitis u. a. Pulpenerkrankungen ihre Ursache im Zerfall der Pulpa ohne äußere Sichtbarkeit hatten und apikale Arrosionen im Röntgenbild sichtbar werden ließen. Die von Port 1901, Miller 1905, Grunmach 1905 u. a. beobachtete völlige Zerstörung der Septen bei der sogenannten „Alveolarpyorrhoe", wurde lange in Zusammenhang mit periapikalen Affektionen gebracht und erst Dieck entschied erstmals in seinem schon erwähn-

ten Atlas 1911 die Streitfrage über dieses Krankheitsbild, indem er den Verlauf vom Apex aus nach dem Alveolarrand zu als falsche Annahme verwirft.

Damit in Zusammenhang standen auch Mitteilungen über die Röntgendiagnose verschiedener Arten von Zysten. Lartschneider veröffentlicht 1908 Bilder einer „bilokulären" Oberkieferzyste, Haenisch mehrere radikuläre und follikuläre Zysten mit differentialdiagnostischen Erwägungen zu einem Adamantinom.

Ferner benützten Faulhaber, Neumann, Dohan 1916 die röntgensichtbaren Konsumptionsherde im Kiefer, wie sie von verschiedenen Geschwülsten hervorgerufen werden, zur Unterstützung ihrer klinischen Diagnose, wobei Peckert schon 1906 auf die Verdrängungserscheinungen an den Wurzeln, in deren Nachbarschaft sich derartige pathologische Prozesse abspielen, hinweist. Grunmach äußert 1907 anhand von Röntgenbildern den Verdacht auf ein Sarkom des Oberkiefers mit der Begründung, daß sich die röntgenologische Wiedergabe wesentlich von den bis dahin untersuchten Oberkiefertumoren und Kieferhöhlenaffektionen unterscheide. In diesem Falle verlief der Prozeß über den Proc. alv. beidseitig, bezog den Proc. nasalis mit ein und griff über die rechte Kieferhöhle und Nase auf die linke Kieferhöhle über. Zu einem gewissen Bruchteil glaubte man selbst Sarkom und Carcinom röntgenologisch differenzieren zu können, indem das Sarkom den Eindruck osteomyelitischer Erscheinungsformen jedoch ohne Sequesterbildung hervorrufe, während das Carcinom eine mehr gleichmäßige Schattenbildung mit unscharfen Randkonturen sichtbar werden lasse. Andere geschwulstartige röntgenuntersuchte Knochenerkrankungen beschreiben Grunmach 1906, eine Hyperostosis alveolaris betreffend, Dieck 1910 mit einigen Fällen von Leontiasis ossium cranii, Noma und Tuberkulose in ihrer Wirkung auf den Kieferknochen. Osteome, symmetrische Exostosen, Odontome und Adamantinome mit der Lokalisation besonders im Kieferwinkel (Haenisch 1909) werden erwähnt.

In gleicher Weise kam der röntgenologischen Kontrolle und Prophylaxe chirurgischer Maßnahmen eine maßgebliche Bedeutung zu, beispielsweise bei Replantationen. So fügen Miller 1905, Grunmach und Parreidt 1911 der Beschreibung von Knochenresorption bei implantierten und antagonistlosen Zähnen solche gleichartiger Affektionen hinzu, die nach traumatischer Läsion und als Folge chronischer Periostitis auftraten.

Ein weiteres großes Anwendungsgebiet für die Röntgenstrahlen ergab sich aus der Möglichkeit konservierende Arbeiten zu prüfen und zu überwachen; sei dies nun, um Füllungen auf ihren Randschluß zu begutachten, oder die Wandständigkeit röntgensichtbarer Wurzelfüllungen zu kontrollieren (Hoeck 1910, Tousey 1916). Die Zahnkaries selbst zeigt im Röntgenbild infolge des Verlustes an Hartsubstanz einen unregelmäßig begrenzten Defekt, der jedoch nur soweit reicht, als sich die Entkalkung erstreckt, wobei klinisch die Karies über die röntgenologisch nachweisbare Läsion hinausreicht. Auch Detinneubildungen im Wurzelkanal, wie sie von Mc. Briar 1897 beobachtet wurden, und Zementauflagerungen an der Wurzelspitze (Miller 1905) konnten erst mit Hilfe der Röntgenstrahlen als Ursache für Neuralgien entdeckt werden. Ähnlich verhält es sich bei überfüllten Wurzelkanälen nach Wurzelbehandlung. (Fabiunke 1909).

Ferner wurde die Röntgendiagnostik zur Überprüfung der Kieferverhältnisse vor prothetischem Ersatz gefordert. Als Beispiel gelte die von Fabiunke 1909 angeführte Spannung einer Brücke bei zu großer Wurzeldivergenz der Pfeilerzähne.

Überblicksmäßig gesehen, gibt diese Zusammenstellung ein ungefähres Bild über die Möglichkeit, die dem Praktiker in den ersten 20 Jahren nach der Entdeckung im Gebrauch der Röntgenstrahlen offenstanden. Neben Dieck und Ciescynski haben vor allem auch Bode und Montigel 1910, Dohan 1916, Möller und Kantorowicz auf die Bedeutung der Röntgenologie in der Vervollständigung der klinischen Diagnose hingewiesen, wenn auch im Hinblick auf die Grenzen ihrer Leistungsfähigkeit. Es wird immer wieder betont, daß zur richtigen Beurteilung einer Röntgenaufnahme, neben dem klinischen Befund, die allgemein medizinischen Kenntnisse aus dem Gebiete der Anatomie, der Pathologie und Physiologie gehören.

Abweichend von dieser allgemeinen Art der Diagnostik standen die Röntgenstrahlen gleichzeitig im Dienste wissenschaftlicher Forschung.

So weist Schröder 1902 in Röntgenogrammen die Druckbahnen der einzelnen Zähne nach, die sich durch keilförmige Spongiosaverdichtungen über den Alveolen, besonders der oberen Eckzähne, auszeichnen. Er zeigt, wie sich diesen Verdichtungen von beiden Seiten her die Trajektorien der seitlichen und mittleren Schneidezähne und der Prämolaren anschließen, um sich in einer Leiste kompakter Substanz zu vereinigen. Daneben fand er eine verstärkte Kompaktazone im Molarenbereich gestützt durch zwei Kompaktaspangen, von denen die eine im Vereinigungspunkt mit den Druckbahnen der Frontzähne, in den Stützpfeiler des Proc. front. übergeht, während die andere Kompaktaspange über die Crista alveolo zygomatica gegen die Schädelkapsel hin ausläuft.

Besonderes Interesse galt der Entwicklung der Zähne. Aufnahmen von der Geburt bis zum 11. Lebensjahr veröffentlicht Port 1903, während Morgan (1906; 1931) die Anlage der Alveolen und Zahnkeime bis ins 3. Foetalmonat zurückverfolgt. Riha benützt die radiografischen Dentitionsbilder als Index für die Altersbestimmung von Foeten und Neugeborenen (1922). Jedoch kommt für die Röntgensichtbarkeit der Zähne erst der Beginn und das Fortschreiten der Verkalkung in Betracht, also etwa die zweite Schwangerschaftshälfte. In der ersten Hälfte lassen histologische Forschungsergebnisse die Anlage des Zahnkeims als epitheliales Organ, als Zahnpapille und Zahnsäckchen, erkennen.

Die Studien Rihas galten zunächst der Entwicklung und dem Wachstum des Eckzahnkeims, wobei ihm die große Gesetzmäßigkeit im Auftreten und Wachstum der Zahnscherbchen auffiel. Diese Tatsache auf die Altersbestimmung anzuwenden hatten in histologischem Sinne bereits Paltauf, Mauczka, Magitôt und Zuckerkandl unternommen und verwertet, was in forensischer Hinsicht von besonderer Wichtigkeit war. Die lange

Entkalkungszeit und das Einbetten verzögerten allerdings die Diagnose, die der Gerichtsarzt oftmals dringend fordert. Deshalb trat die neue röntgenologische Untersuchungsmethode sehr bald in den Vordergrund. Sie ermöglichte in kürzester Zeit eine ungefähre Altersbestimmung und die Zuordnung in die erste oder zweite Schwangerschaftshälfte bzw. die ersten Lebensmonate. Allerdings sind die ersten Monate der ersten Schwangerschaftshälfte im einzelnen nicht differenzierbar. Zur Erkennung des 3., 4. und 5. Fötalmonats läßt sich die radiografische Aufdeckung der Alveolenlinien der Zahnkeime unter Umständen heranziehen. Dagegen bieten die radiografischen Zahnscherbchenbilder einen sicheren Index für die Bestimmung des 6. bis 9. Embryonalmonats. Aufnahmen über die verschiedenen Entwicklungsstadien und die Topografie des Gesichtsschädels sind ebenfalls im Atlas von Witzel niedergelegt.

Aufklärung in anthropologisch-paläontologischen Fragen gibt Port in in seinen Ausführungen über den Homo Heidelbergensis. Auch Walkhoff berichtet (vor 1915) über seine Studien an anthropologischen Aufnahmen, in Veröffentlichungen unter den Titeln: „Die funktionelle Gestaltung des Unterkiefers beim Menschen und den Anthropomorphen"; „Die diluvialen menschlichen Kiefer in Belgien" und daneben noch „Das Femur des Menschen und der Anthropomorphen in seiner funktionellen Gestaltung", mit Strukturdarstellungen in allen Einzelheiten.

Weiterhin studiert Breuer 1909 anhand von Röntgenbildern die Anatomie und Mechanik des Kiefergelenks. Witzel führt 1905 in einer Serie von Röntgenaufnahmen die Lage der Molaren im Unterkiefer zum Canalis mandibularis vor. Eine besonders interessante Aufnahme zeigt die Arteria mandibularis umschlossen von den Wurzeln des 3. Molaren. Grunmach und Euler (1905) berichten daneben über die feinere Struktur des Zahngerüstes und den Heilungsablauf nach Kieferbrüchen und Wurzelspitzenresektionen. Anhand dieser Bilder widerlegt Euler Witzel, indem er nachweist, daß überstopfte Guttapercha im apikalen Wurzelgebiet gewebsverträglich erscheint und reaktionslos einheilt. Verschiedenemale werden auch Fälle von 3. Dentition gezeigt. Kersting bringt dazu 1904 Röntgenbilder, aus denen ersichtlich wird, daß sich die 3. Dentition zur 2. verhält wie diese zur 1. Dentition. Einen ähnlichen Fall von Hexodontie veröffentlicht Grunmach 1906. Dagegen berichtet Meder 1904 von verspätetem Zahnwechsel einer Patientin mit 16 Jahren.

Unter anderem beschäftigen sich vor allem Goldmann und Kilian, Peckert 1907, Reinmöller 1911, mit der Darstellung der Kieferhöhle, ihrer Deutung im Röntgenbild und der Sichtbarkeit pathologischer Prozesse. Peckert versucht den Höhlenboden radiografisch zu verfolgen, indem er am halbierten Schädel durch verschiedene Beleuchtung von innen und außen den Verlauf sichtbar macht. Um die Schattenbilder zu deuten, nimmt er an verschiedenen Stellen Markierungspunkte an (z. B. Infraorbitalpunkt, tiefster Jochbogenpunkt, Gaumendach, alveoläre Gaumenneigung, Schneidezähne) und zeigt, wie sich diese Punkte bei Belichtung von außen und innen ganz verschieden projizieren. Daraus erklärt er die vielbesprochene Lagebeziehung oberer Wurzeln zur Kieferhöhle und entscheidet sie dahin, daß die über das Niveau der tiefsten Antrumsenkung reichenden Wurzeln sich oftmals in die Kieferhöhle projizieren, obwohl sie außerhalb lokalisiert

sind. Er kontrolliert diese Behauptung auch, indem er nach Ausgießen der Kieferhöhle am Schädel mit Quecksilber und nachträglicher Röntgenaufnahme, welche die Wurzeln in die Kieferhöhle hineinprojiziert zeigt, aufklappt. Es zeigt sich, daß diese Erscheinungen tatsächlich nur aus der tangentialen Anlagerung der Radices an den Recessus alv. antri entstanden waren. Peckert verweist in diesem Zusammenhang auf ähnliche Arbeiten von Loos.

Ciescynski ergänzt diese Annahme noch durch den Hinweis, daß die Entfernung der Molarenwurzeln von der Kieferhöhle im Röntgenbild durch die Beobachtung des Abstandes der buccalen Wurzeln der Zähne vom Antrum sichtbar wird. Jedoch wird allgemein betont, daß keine Berechtigung besteht, allein aus Röntgenbildern Schlüsse über das Verhältnis von Wurzeln und Kieferhöhle zu ziehen.

Möglich war diese Entwicklung zu einem Großteil erst durch die Verfeinerung des Aufnahmematerials.

Röntgen benützte für die Fotografie mit Röntgenstrahlen noch einseitig mit lichtempfindlicher Emulsion begossene Glasplatten, über die er an Schleussner, Leiter der fotochemischen Fabrik, Frankfurt, am 13. Mai 1896 schreibt: „Ob noch empfindlichere Platten, von denen Sie schrieben, sich empfehlen würden, weiß ich nicht. Doch möchte ich fragen, ob sich nicht Platten herstellen ließen, die noch bedeutend mehr Silbersalz enthalten, sei es infolge einer dickeren Schicht, oder einer konzentrierteren Emulsion. Eine gewöhnliche Platte absorbiert lang nicht alle wirksamen X-Strahlen; zu viele gehen nutzlos hindurch." Röntgen mußte die Röntgenplatten sehr lange belichten, bis optisch wahrnehmbare Schwärzungen auftraten. In gemeinsamer Arbeit mit Schleussner entstanden die ersten Spezialemulsionen für die Fotografie mit Röntgenstrahlen. Sie bestanden in einer Sensibilisierung der Bromsilberemulsion.

Den vorausgehenden Versuchen, auf der Glasplatte mehrere Schichten übereinanderzugießen, waren enge Grenzen gesetzt, da der Entwickler die obere Schicht bereits ausentwickelte, bevor er die unteren Schichten erreichen konnte.

Erst die Einführung des Zelluloids als Schichtträger an Stelle der Glasplatte brachte eine bessere Ausnützung der Strahlen, Anpassungsfähigkeit an die Mundverhältnisse und eine verkürzte Expositionszeit auf 1—1½ Minuten. Wenige Jahre später wurde das feuergefährliche Nitrocelluloid durch die nicht entflammbare Celluloseacetat-Folie ersetzt. Sjögren, Bouvet, Bode und Kienböck, bemühten sich vor allem um Methoden, welche die Ungenauigkeit des Films, bedingt durch Verbiegen im Munde, Aufrollen beim Entwickeln usw. einschränken sollten. Eine noch höhere Empfindlichkeit versuchen Albers-Schönberg 1910 noch damit zu erreichen, daß sie 2-3 Filme mit der Schichtseite nach oben in die schwarze Papierhülle einlegten. Die endgültige Lösung brachte allerdings erst Jahrzehnte später die Schaffung des doppelseitig begossenen Röntgenfilms und die Einführung von Verstärkerfolien (um 1921).

In gleicher Weise umwälzend griff die Entdeckung Röntgens in das Gebiet der Physik und Technik ein. Der Übergang von der Forschung zur Technik führte allmählich zu einer Gliederung des Gebietes in der Herstellung von Hochspannungserzeugern, Röhren, medizinischen Hochfrequenzapparaten, Hilfsgeräten usw.:

Hochspannungserzeuger: Für den Betrieb der Röntgenröhren sind etwa 50 kV und eine Stromstärke von 10—20 mA erforderlich. Diese Forderungen können durch die Ausnützung der Induktionswirkung zweier strombeschickter Drahtspiralen erreicht werden. Die Spannungsdifferenz wird dabei bekanntlich umso größer, je mehr Windungen die Drahtspiralen besitzen (200—300 primäre Windungen; 200 000—300 000 sekundäre Windungen), und je schneller die Stromstöße erfolgen (bis 300 000 mal/sec). Dabei kommen nur Stromstöße der gleichen Richtung in Betracht, und zwar werden die eine höhere Spannung aufweisenden Öffnungsströme verwendet.

Die Ausschaltung der Schließungsströme erfolgt durch geeignete Unterbrecher. Die einfachste Unterbrechung stellt die Funkenstrecke dar. Dem gleichen Zwecke dienen aber auch vorgeschaltete Drossel- oder Ventilröhren. Schaeffer--Stuckert verwendet 1897 einen Funkeninduktor von 15-20 cm Funkenlänge Als Stromquelle diente ihm noch eine Akkumulatorenbatterie von 8—10 Elementen. Die Expositionszeit seiner Röntgenaufnahmen betrug 5 min. Bode differenziert dann die Länge der Funkenstrecke 1910 auf 3-10 cm bei enoralen Aufnahmen und 15 cm bei extraoralen Bildern.

Unterbrecher, die eine möglichst häufige Öffnung und Schließung des Primärstromes automatisch auslösen, sind neben dem Wagnerschen Hammer vor allem Quecksilber- und elektrolytische Unterbrecher (Wehnelt), wie sie schon 1907 von Schild u. a. benützt werden. Auch Ciescynski verwendet 1913 den Polyphos-Induktor mit Wehnelt-Unterbrecher und 25 cm langer Funkenstrecke, neben einem Fokus-Plattenabstand von 30 cm, und erreicht eine Expositionszeit von nur 4—6 Sek.

Rosenthal, Dessauer und Groedel vervollkommnen 1916 Induktorien für Momentaufnahmen, für die eine höchstzuverlässige Belastung benötigt wird (Unipulsapparat von Reiniger, Gebbert, Schall; Blitzapparat der Veifa-Werke).

Bei den um 1910 entwickelten unterbrecherlosen Apparaten (Apparat nach Snook, Idealapparat nach Reiniger, Gebbert, Schall) wird der Wechselstrom direkt in die Primärspule des Transformators geschickt,wo er in der Sekundärspule einen hochgespannten Wechselstrom erzeugt. Soll dieser Strom für den Betrieb von Jonenröhren Verwendung finden, so muß er zuvor eine Gleichrichtervorrichtung passieren, wie sie z. B. der Transverter nach Koch und Sterzel darstellt: ein synchron mit dem Wechselstrom rotierender Stab verbindet im Augenblick der gewünschten Stromrichtung den Stromkreis, während er bei der entgegengesetzten, unerwünschten Stromphase quer steht und einen Stromübergang unmöglich macht. Bei Verwendung von Coolidge-Röhren ist der Gebrauch von Wechselstrom insofern vereinfacht, als die Glühkathode der Elektronenröhre selbst als Gleichrichter wirkt.

An den sekundären Stromkreis der Hochspannungserzeuger sind die

Röntgenröhren angeschlossen, in denen die zur Erzeugung der Röntgenstrahlen benötigte Elektronenbewegung hervorgerufen wird. Wie bereits angedeutet, verwendete man anfangs hauptsächlich Jonenröhren, deren Bedeutung nach der Entwicklung der Elektronenröhren um 1925 zurückging.

Die Wirksamkeit der Jonenröhren war von einem jeweils höheren oder geringeren Vakuum abhängig. Eine gewisse Luftmenge mußte in der Röhre belassen werden als Voraussetzung für die Dissoziation der Moleküle nach angelegter Spannung (Arrhenius). Durch die nach der Elektronentheorie von Hittorf, Lenard und Thomson definierten gegenpoligen Abstossung der Elektronen an den jeweiligen Elektroden kam die benötigte Bewegung zustande.

In den Elektronen- oder Glühkathodenröhren dagegen werden hochgespannte Ströme durch hochevakuierte Röhren geleitet. Die Elektronenabgabe erreicht man durch Einbau von Glühdraht in die Kathode. Anode und Kathode sind aus Metall in die Röhre eingeschmolzen, ebenso die Antikathode. Anode und Antikathode werden außerhalb der Röhre leitend verbunden zum Ausgleich der negativen Aufladung der Antikathode und zur Vermeidung einer elektrostatischen Abstossung der neu auftreffenden Kathodenstrahlen. Die hohlspiegelartige Gestaltung der Kathode wurde bereits erwähnt. Sie erlaubt die Vereinigung der Kathodenstrahlen in einem Punkt, dem Brennpunkt oder Fokus, von wo aus sich die Röntgenstrahlen geradlinig wie Kugelradien im Raum ausbreiten.

Der Wärmeentwicklung, wie sie durch die Konzentration der Kathodenstrahlen auf den Brennpunkt erzeugt wird, begegnete man durch verschiedenartige Kühlvorrichtungen: z. B. Wasserumspülung der Antikathode oder Luftkühlung, wobei der Träger der Fokusplatte, ein dicker Metallstab von hoher Leitfähigkeit (Kupfer), die Wärme nach außen fortleitet.

Der große Nachteil der Jonenröhre lag in der allmählichen Änderung der Strahlenqualität. Der Verbrauch der Gasatome, nicht zuletzt durch Absorption abgesprengter Metallteilchen, führte zur Abnahme des Gasgehaltes und damit gleichzeitig zur Abnahme der Jonisation. Eine zusätzliche Steigerung der Spannung war zwar verbunden mit einer Steigerung der Elektronenbewegung, jedoch auch gleichzeitig mit einer Verkleinerung der Wellenlänge der Röntgenstrahlen. Die Strahlen wurden härter (Altern der Röhre). Zur Prüfung der Penetrationskraft entwickelte Dieck einen aus Wachs hergestellten Testkiefer, der in etwa den Verhältnissen entsprach, wie sie bei Weichteilaufnahmen vorliegen (1929). Dem gleichen Zweck diente das Präzisions-Krypto-Radiometer nach Wehnelt.

Die Regeneration zur anfänglichen Leistungsfähigkeit regelte Bauer durch Luftzufuhr über ein Tonplättchenventil, das mit der Röntgenröhre in Verbindung stand. Eine andere Art der Regeneration stellte die Osmoseregulierung und die Selbstregulierung mittels eines Stromes außerhalb der Röhre dar, dessen Spannung umso höher gehalten wurde, je größer der innere Widerstand der Röntgenröhre war. Es entstand eine Funkenstrecke zwischen der Röhrenkathode und der aus einer luftgebenden Substanz bestehenden Kathode des Hilfsrohres mit Luftabgabe in die Röhre.

Der Fortschritt der Elektronenröhre (Coolidgeröhre) der Jonenröhre gegenüber ergab sich aus der Möglichkeit, mit einer Röhre den verschiedenen

Anforderungen in Qualität und Quantität der Strahlen zu genügen: durch Änderung der Heizstromspannung kann die Zahl der erzeugten Elektronen, durch Abstufung der Hochspannung die Qualität der Röntgenstrahlen geändert werden.

Die großen Elektronenröhren wurden durch Verkleinerung den Zahn- und Kieferaufnahmen angepaßt, wodurch auch eine leichtere Einstellung gegeben war. Diese „Dentalröhre" entstand um 1930. Es tritt hierbei der Hauptstrahl in Richtung der Röhrenlängsachse aus; die Kathode steht senkrecht zur Antikathode.

Ein weiterer Vorteil war die Möglichkeit einer Isolation der Hochspannung in den Jahren um 1930, die als zweite physikalische Erfindung bedeutsam für die Röntgendiagnostik war, da sie den gefahrlosen Betrieb durch starre Verbindung von Transformator und Röntgenröhre brachte. 1933 bringen die Siemens-Werke einen Kleinst-Eingehäuse-Röntgenapparat heraus, in dem der Hochspannungstransformator für 55000 V und 10 mA und die kleine Röntgenröhre hochspannungssicher und strahlengeschützt in einer geerdeten Kugel aus Metall von nur 22 cm Durchmesser untergebracht sind.

Weitere Verbesserungen brachte die Gestaltung eines strichförmigen Brennflecks durch Anordnung des Glühdrahts in Schnecken- oder Federspiralenform. Die volle Wirkung dieser Verbesserung ergibt sich vollends aus einer neuen Winkeleinstellung von Kathode und Antikathode mit 20°. Der strichförmige Brennfleck erscheint somit in der Hauptstrahlrichtung als Punkt. Es entsteht also ein sehr scharfer Brennfleck mit erhöhter Wirkung, da er bedeutend stärker belastet werden kann als ein runder, scheinbar gleichgroßer Brennfleck. Auch die modernsten Verbesserungen technischer Art betreffen neben der Variationsmöglichkeit der Strahlenhärte, die Strich-, Punkt- und Feinstfokusentwicklung.

Ebenfalls um 1930 wurden die Hochfrequenzapparate ausgearbeitet: Hochfrequenz- oder Teslaströme in Teslaspulen als Transformatoren bringen den Strom auf die erforderliche hohe Spannung und machen so den schweren Öltransformator entbehrlich. Störende Begleiterscheinungen waren anfangs das starke Sprühen der Hochspannungszuleitung zur Röntgenröhre. Du Prel, der als erster das Prinzip der Teslaströme für den Betrieb der Röntgenröhren nach Röntgen wieder aufnahm, vermeidet dies, indem er die Länge der Zuleitung auf wenige Zentimeter verkürzt. Der geringe Energiebedarf von 700 Voltampére zur Erzielung eines Röhrenstromes bis zu 10mA bei einer Effektivspannung von 45 kV ermöglicht den Anschluß an gewöhnliche Lichtleitungen mit Wechselstrom. Bei Gleichstrom ist nur ein kleiner Umformer nötig. Eine weitere Type der Hochfrequenzapparate der Fa. Erbe gestattet Lichtleitungsanschluß sowohl an Gleichstrom als auch an Wechselstrom. Außerdem ist die Teslaspule in das Röhrengehäuse verlegt. Der Konstrastreichtum befriedigt auch bei Hochfrequenzapparaten, wenngleich die Belichtungszeiten gegenüber den Aufnahmen mit Hochspannungsapparaten etwa um die Hälfte verlängert sind.

Hilfseinrichtungen zur Einstellung des Hauptstrahls wurden in vielfacher Weise entwickelt. Das grundlegende Stativmodell, dessen Anordnung im wesentlichen auch bei den später von Ciescynski, Rosenthal, Wappler u. a. konstruierten Geräten beibehalten wurde, ist das Stativ nach Lambertz-Dieck. Eine Verfeinerung in Beweglichkeit und Einstellung erreicht Dieck durch den Einbau mehrerer Gelenke mit Gradeinteilungen. Daneben bleiben zu erwähnen die Kombinationsapparate wie der Dentograph (Sanitas), Heliodor (Siemens-Reiniger) und Ritter-Apparat; ferner der Dental-Aristos-Apparat nach Weski, der an Stelle der Gelenke frei schwebende, ausbalancierbare Doppelbendel trägt, wodurch die Röhre mit einem Handgriff in die gewünschte Lage gebracht und festgehalten werden kann. Das Stativ nach Hauberrisser daneben ist mit genauer Meßeinrichtung für Kontroll- und Fernaufnahmen ausgestattet.

Für die Einstellung des Zentralstrahls bei enoralen Aufnahmen entwickelte Dieck 1909 einen Einstellwinkel, der nach einer Verbesserung Schindlers, neben der Richtung für den Zentralstrahl auch die Winkelhalbierende zwischen Zahnachse und Filmebene anzeigt. In ähnlicher Weise kann der Handgriff des von Hauberrisser konstruierten Filmhalters verwendet werden. Dieser zeigt stets senkrecht auf die Filmebene und orthoradial auf den Zahn. Im wesentlichen bestehen alle von Ciescynski, Port, Hauptmeyer, Pordes u. a. angegebenen Filmhalter aus Aufbißkorken mit Befestigungsvorrichtungen für den Film.

Für extraorale Aufnahmen genügt die Einstellvorrichtung am Tubus nach Ciescynski-Dieck, die in einem in Richtung des Zentralstrahls ausziehbaren Metallstab besteht, bzw. die durch die Längsachse der Dentalröhre gegebene Richtung des Hauptstrahls. Zur Übereinstimmung spezieller Einstellungen hat Ciescynski eine Einstellkappe geschaffen, die ein Diagramm zur Einstellung des Hauptstrahls für die typischen Kieferaufnahmen trägt. Sie kann auch für stereoskopische Aufnahmen Verwendung finden.

Am besten läßt sich die weitere Entwicklung der Einstelltechnik charakterisieren, indem sie als Übergang vom technischen Arbeiten mit Hilfe der beschriebenen Hilfsgeräte zum anatomisch orientierten Arbeiten ohne Hilfsgeräte bezeichnet wird.

Schließlich bleibt noch zu erwähnen, daß zur Vermeidung der störenden Wirkung von Sekundärstrahlen, bestehend in einer Verschleierung und Kontrastverminderung des Bildes, verschiedene Blendenkonstruktionen angegeben wurden (Albers-Schönberg 1903, Levy-Dorn 1905, Schild 1907, Bode und Ciescynski 1910, Port, Rieder, Robinsohn u. a.). Ausgehend von aufgelegten oder drehbaren durchlochten Bleiplatten ging die Entwicklung über die Faszikelrohrblende weiter zu den verschiedenen Arten der Kompressionsblenden und Tubusblenden.

Zur Frage nach dem Wesen des Röntgenbildes äußern sich schon Port (1900; 1904) und Perthes (1904). Sie definieren jede Röntgenaufnahme teils als Durchsichtsbild, das nach anatomischen Vorstellungs- und Erinnerungsbildern gedeutet wird, teils als Summation von Schattenbildern, die nach den gleichen geometrischen Gesetzen der einfachen Zentralprojektion entstehen, wie sie beim Zustandekommen eines Schattenbildes auch für

optisches Licht gelten. Die Schattendichte ergibt sich dabei jeweils aus der Gesamtschwächung, die das Strahlenbündel auf dem Weg durch das Objekt erfährt. Sie läßt jedoch nicht erkennen, ob es sich um einzelne oder wiederholte Schwächungsvorgänge handelt. Erfahrungsgemäß kam man sehr bald zu der Feststellung, daß innerhalb der Weichteile, also zwischen Muskulatur, Parenchym, Knorpel, Bindegewebe und Körpersäften wie Exsudaten und Transsudaten, Blut, Eiter usw., keine für ärztliche Röntgenuntersuchung verwertbaren Absorptionsdifferenzen auftreten. Alle diese Gewebe geben einen weichteildichten Schatten. Dichteunterschiede treten günstigenfalls zwischen Fett und übrigen Weichteilen einerseits und zwischen Knochen und Weichteilen andererseits auf, wobei die hier beobachteten, vielfach stärkeren Differenzen in erster Linie eine Folge der höheren Ordnungszahl des Calciums sind (Perthes 1904). Lurie fügt dieser Untersuchung über die Röntgendurchlässigkeit des menschlichen Gewebes 1929 eigene Untersuchungsergebnisse, vom Gesichtspunkt des Stomatologen aus, hinzu. Er teilt die durch den Kalksalzgehalt bestimmte Schattendichte in 3 Grade und 2 Untergrade ein und betrachtet den quantitativen Wert dieser Schattengrade neben den pathologischen Abweichungen vom Normalen.

Die Tatsache, daß in vielen Fällen die Dichtigkeitsunterschiede im Körper nicht ausreichen, um z. B. bestimmte Prozesse (Fistelgänge, Zystenräume etc.) sichtbar zu machen, hat aus der Beobachtung heraus, wie deutlich sich Fremdkörper, namentlich metallischen Ursprungs, sich abzeichnen, zur Anwendung künstlicher Kontrastmittel geführt. Die Reihe der schattengebenden Substanzen, wie die von Albers-Schönberg 1910 empfohlene Wismutaufschwemmung oder im gleichen Sinne verwendete Drahtsondierung, wird 1925 erweitert durch eine von Brunetti und Filippini angegebene 15% Jod-Kaliumlösung. 1926 wendete Waßmund die bereits bekannte Kontrastfüllung mit Jodipin (einer 20 oder 40% Lösung von Jod in Sesamöl) auch für die Kieferhöhlendiagnostik an.

Darüber hinaus läßt sich zeigen, daß bei der Überschichtung zahlreicher gleichartiger Körper nicht nur das einzelne Element in seiner ursprünglichen Form wiederkehrt, vielmehr erscheint auch zahlenmäßig das Summationsbild wie der Schnitt durch eine einzelne Schicht. Dagegen kann innerhalb eines Summationsbildes (z. B. Spongiosa) ein verhältnismäßig großer Zerstörungsprozeß stattfinden, ohne daß er auf dem Röntgenbild sichtbar wird, wenn ihn die Zeichnung der darüber und darunter befindlichen Lagen verdeckt.

Da die Röntgenbilder außerdem Projektionen räumlicher, dreidimensionaler Gebilde auf eine zweidimensionale Fläche sind, tritt auch stets eine perspektivische Veränderung der Dimensionen auf. Diese weist jedoch in Umkehr zum Lichtbild die Besonderheit auf, daß alles was im Röntgenbild groß erscheint, entfernt von der Bildebene liegt, was dagegen klein erscheint, näher an derselben.

Um dennoch eine erschöpfende Röntgenanalyse zu gewährleisten, haben Robinsohn und Spitzer 1915 den Vorschlag gemacht, mit Hilfe der „Platydiagraphie" das röntgenperspektivisch fokal projizierte Einzelbild in eine Flachprojektion umzuwandeln und die so gefundenen Verhältnisse auf einem Diagramm einheitlich niederzulegen. Eine graphische Charakterisierung normaler und pathologischer Formelemente durch möglichst symbolische Zeichen und verbale Interpretierung sollten helfen, das Röntgenbild weitgehend zu deuten und zu verstehen.

Ferner gehört zur richtigen Beurteilung eines Röntgenbildes, ebenso wie die Kenntnis von Wesen und Deutung der Projektion, die Berücksichtigung der geometrischen Aufnahmebedingungen:

Bis zum Beginn des 1. Weltkrieges wurde hauptsächlich die enorale Aufnahmemethode angewandt und ausgebaut. Aus dem Vergleich dieser Technik mit den auf kleinen Lichtschirmen erzeugten radioskopischen Bildern, für die Bariumplatincyanürpapier auf vorbereitete Mundspiegel gebracht wurde, ersah man bald die Vorteile der Radiografie gegenüber der kurzdauernden und im Munde nur schwer anzuwendenden Radioskopie. Die Durchleuchtung mittels Leuchtschirm ist in der dentalen Röntgendiagnostik in der alten Form nicht einfach durchzuführen, da diese Methode einen völlig verdunkelten Raum erforderlich macht. Der Arzt mußte außerdem gut dunkeladaptiert sein, um das verhältnismäßig dunkle Leuchtschirmbild beobachten zu können (Port 1900, Tousey und Fabiunke 1909). Die neuere Form (Röntgenspiegel nach Staudenraus) erfordert zwar keine starke Verdunklung, wird aber von den meisten Kliniken wegen der damit für den Behandelnden verbundenen Gefahr abgelehnt. Die Röntgenfilmaufnahme hat dagegen den großen Vorteil, daß das Röntgenbild beliebig lange erhalten bleibt und jederzeit als Dokument für die Diagnose zur Verfügung steht. Schwierigkeiten ergeben sich allerdings aus den anatomischen Verhältnissen des Oberkiefers. Die Gaumenwölbung läßt bei senkrechter Einstellung des Strahles auf die Zahnachse Verzerrungen nicht vermeiden. Um diesen Gegebenheiten aus dem Wege zu gehen, wurde von französischer Seite empfohlen, die Röhre im Munde zu placieren und die Platte an die buccale Fläche der Zahnreihe anzulegen. Dazu bedurfte es allerdings der Konstruktion geeigneter Apparate, deren Kleinheit auf Kosten der Lichtintensität ging.

Andererseits erkannte man aber auch frühzeitig, wie diese Verkürzungen durch eine Einstellung von oben auszugleichen waren (Peckert 1907, Port 1909, Kantorowicz, Bode 1910). Maßgebende Richtlinien brachte jedoch erst Ciescynski (1906, 1913) und Dieck. Als Grundlage für die Ausführung aller intraoralen Aufnahmen fordert Ciescynski die senkrechte Einstellung des Normalstrahls auf die Halbierungslinie des Winkels, den die Zahnachse mit dem Film bildet (Isometriegesetz). Der Strahlengang ist dabei normalerweise auf die Wurzelspitze gerichtet und beträgt, entsprechend der Gaumenwölbung, im Molarenbereich 35°-45°, im Frontzahngebiet 55°. Eine jeweils entsprechend flachere Einstellung auf den Zahnhals oder die Wurzelspitze ermöglicht demgegenüber eine bessere Darstellung des marginalen bzw. periapikalen Gebietes.

Die Verhältnisse im Unterkiefer sind insofern günstiger, als trotz der Beengung durch die Weichteile des Mundbodens, ein nahezu paralleles Anlegen des Films zur Zahnachse möglich ist. Der vertikal auf den Film gerichtete Strahl ergibt demnach beinahe unverzeichnete und nur sehr gering vergrößerte Bilder. Nach Berechnungen von Dieck beträgt die Vergrößerung eines Zahnes bei einem Objekt-Film-Abstand von $^1/_2$ cm $^3/_{10}$ mm. Bei jedem weiteren $^1/_2$ cm nimmt dieselbe um weitere $^3/_{10}$ mm zu.

Für den Strahlengang in horizontaler Richtung gilt die Regel der orthoradiären Einstellung. Der Zentralstrahl wird sowohl im Oberkiefer als auch im Unterkiefer vertikal zur Tangente gerichtet, die man sich an den Bogen der Zahnreihe gelegt denken muß, da es sonst zu Verbreiterungen und Überschattungen einzelner Zähne kommt.

Andererseits soll aber auch eine Verzeichnung der pathologisch veränderten Knochenpartien verhütet werden, selbst wenn gleichzeitig die normale Länge des Zahnes auf dem Röntgenbild nicht erhalten werden kann. So sind z. B. die Verkürzungen der Zahnlängen beabsichtigt bei axialen oder annähernd axialen Aufnahmen, wo es sich darum handelt einen Krankheitsprozeß oder einen Fremdkörper zu lokalisieren.

Das horizontale Einlegen des Films empfiehlt sich für Übersichtsbilder im Ober- und Unterkiefer. Der Patient hält den Film durch leichtes Zusammenbeißen in der Kauebene fest. Die Einstellung der Röhre wird steil von oben (70° und mehr) bzw. von unten vorgenommen. Besonders häufig wurde diese Art der Aufnahme um 1920 geübt (Möller, Bode 1910, Schenk 1903).

Ciescynski forderte zur genauen technischen Festlegung der Hauptstrahlrichtung die Fixation des Kopfes in vertikaler Richtung und bestimmte diese durch Aufzeichnen gewisser Linien (Frankfurter Horizontale; Supraorbital-Auricularlinie; Labial-Auricularlinie), die er nun horizontal oder vertikal zur Horizontalebene des Raumes einstellte. Neben der Sagittalebene wird später als zweite Ebene die Nasoauriculare bei Aufnahmen der Zähne im Oberkiefer zur Orientierung herangezogen. Der Kopf des Patienten wird während der Oberkieferaufnahmen so gelagert, daß diese Ebene wagrecht zu liegen kommt.

Die Aufnahmen der Zähne im Unterkiefer verlangen, daß zur Orientierung neben der Sagittalebene die Kauflächenebene der unteren Zähne herangezogen wird. Auch diese Ebene muß mit der Horizontallinie des Raumes übereinstimmen. Während heute diese Einstellungen nach dem Augenmaß vorgenommen werden, wurden bis etwa 1930 verschiedene Vorrichtungen empfohlen, welche diese Orientierung erleichterten (Bißplatte nach Simpson; Abdrucklöffel nach Praeger).

Der Ausbau der extraoralen Aufnahmemethodik fällt in die Zeit des Weltkrieges 1914—1918, da mit ihrer Hilfe die Kieferschußverletzten schonender untersucht werden konnten. Vor allem hat Pordes vom Jahre 1916 an wichtige Bausteine zum Aufbau der Technik und zur Deutung der Röntgenbefunde zusammengetragen. Der Wert derartiger Aufnahmen als Übersichtsbilder liegt in der Möglichkeit eines Seitenvergleichs, der Darstellung einzelner Kieferabschnitte und der Erkennung anatomisch-diagnostischer und pathologischer Momente.

Die übliche Methodik war die Durchstrahlung des Schädels von der Seite in horizontaler Richtung. Scheier versuchte als erster 1897 die Röntgenstrahlen auch zur Bestimmung der nasalen Nebenhöhlen und ihrer Erkrankungen zu verwerten. Scheier und Winkler nahmen diese Aufnahmen ebenfalls in seitlicher Richtung vor, wobei sie erstmals erkannten, daß Eiter eine Verschleierung im Röntgenbild hervorruft. Mit Recht warnte man jedoch schon damals davor, allein aus dem Röntgenbild die Diagnose auf Eiterungsprozesse zu stellen, da auch eine ungleichmäßige Entwicklung der Höhlenwände, Wucherungen, ödematöse Beschaffenheit der Mukosa und Tumoren Schattendifferenzen im Röntgenbild erzeugen können.

Hägler (Basel) machte einige Jahre später auf die klaren Bilder aufmerksam, die bei der Durchstrahlung in sagittaler Richtung gewonnen werden. Goldmann zeigte erstmals derartige Skiagramme auf dem Kongreß Süddeutscher Laryngologen 1904 in Heidelberg. Bei diesen Aufnahmen ist der Zentralstrahl von der Protuberantia occipitalis zum Nasenrücken gerichtet,

was nach den Angaben von Ciescynski einem nach caudal offenen Winkel von 70° entspricht (1913). Der Kopf des Patienten liegt genau symmetrisch mit Stirn und Nase auf der Kassette. (Occ.-front. Schädelübersichtsaufnahme bzw. postero-anteriore Aufnahme).

Eine ähnliche, jedoch cranial exzentrisch projizierte Aufnahme läßt besonders deutlich die nasalen Nebenhöhlen hervortreten. Der Unterschied zur oben erwähnten p. a.-Aufnahme liegt in der verschiedenen Stellung des Gesichts zur Platte. Bei der Nebenhöhlenaufnahme berühren Nase, Mund und Kinn die Kassette. Der Zentralstrahl verläuft in Richtung Protuberantia occipitalis-Oberlippe.

Eine Ergänzungsaufnahme bietet ferner die von Leon Lilienfeld 1921 angegebene axiale Projektion, die den Zahnbogen in Artikulation zeigt und das Jochbein gut analysieren läßt. Der Zentralstrahl ist hierbei vom Scheitel zur Unterkinngegend gerichtet.

Der Film-Fokus-Abstand beträgt jedesmal 100 cm. Bei allen diesen Aufnahmen wird die Lagerung des Kopfes und die Einstellung des Zentralstrahls deshalb in der beschriebenen Weise gehandhabt, damit die gewünschten Kieferpartien nicht durch den Schatten abliegender Teile wie Schädelbasis und Wirbelsäule, oder durch die korrespondierenden Teile des abliegenden Kiefers verdeckt werden.

Auf konstruktivem und empirischem Wege fand man weiterhin eine verbesserte Darstellungsmöglichkeit einzelner Kieferausschnitte (Kieferwinkel, aufsteigender Ast, Kiefergelenk) in der Anwendung von Schrägaufnahmen, wobei die Sagittalebene des Schädels schräg zur Platte gelagert ist. Haenisch bringt erstmals 1909 derartige isolierte Aufnahmen einer Unterkieferhälfte. Die so untersuchten Fälle betrafen ein Adamantinom und Zysten vor und nach der Heilung. Die Projektion wurde vom Mundboden aus bei seitlich geneigtem und geöffnetem Mund vorgenommen. Auch Kantorowicz (1910) stellt das Gebiet des Kieferwinkels und die Molarengegend des Unterkiefers schräg von unter dar. Die dabei auftretenden Verzeichnungen werden auch durch eine andere von Kantorowicz angegebene Strahlenrichtung nicht vermieden, die den Kiefer vom Nacken her trifft. Bei einer dritten Varianten wird der Mund maximal geöffnet und der Zentralstrahl auf die Wangenmitte der Gegenseite eingestellt, wobei die gesunde Kieferhälfte zwischen den Schatten des Oberkiefers und den Schatten der dem Film anliegenden Kieferhälfte fällt. Ähnlich dieser Methode ist die von Bode, wonach ebenfalls vom Mundboden aus, jedoch mehr in Gegend des Kieferwinkels, die schräge Projektion vorgenommen wird.

Besondere Schwierigkeiten ergaben sich aus der Darstellung des Kiefergelenks:

Zuerst verwendete man bei Kiefergelenkaufnahmen die auch bei den Unterkieferschrägaufnahmen geübte Einstellung nach Haenisch oder die in ähnlicher Weise vorgenommenen Einstellungen nach Brautlacht und Köhler (1910). Die Ungenauigkeit der Projektion war Anlaß ausgedehnter Versuche zum Zwecke einer Verbesserung.

Pordes führt den Begriff des Hilfsdrehgriffes in die Literatur ein, wonach der Kopf des Patienten in seitliche Lage gebracht und die Halswirbelsäule möglichst gestreckt wurde. Quiring, Albers-Schönberg und Kantorowicz verwerteten diese Methode und bauten sie zum Teil

weiter aus. Das Ergebnis waren jedoch lediglich übersichtliche Bilder des horizontalen und aufsteigenden Astes, während das Kiefergelenk selbst nicht deutlich zum Ausdruck kam.

Eine andere Darstellungsweise ergab die pericraniale Projektion. Die ersten Versuche dieser Art gingen vom Os parietale der Gegenseite aus, zeigten jedoch unscharfe und überdeckte Bilder. Bessere Resultate bringt die Aufnahme nach Algyogyi mit dem Einfall des Lichtstrahls unterhalb des 2. Molaren. Als erster veröffentlicht dann Pordes die Darstellung des Kiefergelenks von der Incisura semilunaris der Gegenseite aus. Wie später auch Gocht, Wiesner und Bauer leitet er den Zentralstrahl von der Incisur etwas caudal und dorsal eingestellt bei einem Fokusabstand von 1,5-2 cm auf das erkrankte Kiefergelenk. Als nachteilig wurde dabei die Forderung der maximalen Mundöffnung angesehen, die oftmals gerade wegen der zu untersuchenden pathologischen Veränderungen des Kiefergelenks nicht möglich ist.

Altschul begegnet dieser Tatsache (1919), indem er als Aufsatzpunkt die vordere Hälfte des Kieferastes der Gegenseite wählt und mit einer Strahlenrichtung von 25° zur Horizontalebene und 20° zur Frontalebene das Gelenk darzustellen sucht. Obwohl die Strahlen zuerst die abliegende Kieferhälfte durchdringen müssen, ergibt diese Aufnahme brauchbare Resultate, da bekanntlich der Schatten eines Objekts umso mehr abnimmt, je weiter dieses von der Platte entfernt ist. Der Schatten der abliegenden Kieferhälfte wird durch die Entfernung von der Platte stark in die Breite gezogen und aufgelockert. Das möglichst nahe Herangehen mit der Röhre vergrößert noch die Schattendifferenz der beiden Kiefer.

Diese Tatsache benützt auch Parma (1931) bei seiner noch heute gebräuchlichsten Gelenkaufnahme: der Zentralstrahl wird senkrecht auf die, parallel zur Sagittalebene gelagerte Kassette gerichtet. Die Annäherung der Röhre ohne Tubus an das Kiefergelenk der Gegenseite bewirkt eine derartige Vergrößerung der fokusnahen Teile, daß sie praktisch nicht zur Darstellung gelangen.

Einige Modifikationen bringen außerdem Steinhardt, Clementschitsch und Hofrath. Nach Steinhardt verläuft der Zentralstrahl von einem Punkt der Wange, der 3 cm vor und 3 cm unter dem Tuberculum articulare der plattenfernen Seite liegt, zum Tuberculum articulare der filmnahen Seite. Clementschitsch richtet den Hauptstrahl vom Nacken zur Nasenwurzel und Hofrath vom Processus mastoides der darzustellenden Seite in Höhe des Tbc. art. zur Mitte der gleichseitigen Orbita.

Ein von der Otologie übernommenes Verfahren (Schüller-Lindblom) ergibt eine klare, nahezu isometrische Darstellung des Gelenkköpfchens und der Gelenkpfanne bei offenem und geschlossenem Mund. Die Röntgenuntersuchung erfolgt aus dorsaler Richtung, da im allgemeinen eine Achsenkonvergenz der Gelenkwalze nach dorsal festzustellen ist, und andere als axial getroffene Aufnahmen zu Verzeichnungen Anlaß geben. Da zu Vergleichszwecken jeweils Aufnahmen unter den gleichen Projektionsverhältnissen notwendig sind, hat Lindblom ein Einstellgerät entwickelt, das den Zentralstrahl vom Gelenk der Gegenseite durch einen Richtungszeiger senkrecht zur Kassette und 15° von oben und dorsal orientiert. Die Zweiteiligkeit dieses Geräts wird von Hausser (1940) beseitigt, indem ein Zeiger direkt vom Kassettenhalter aus auf das zu untersuchende Gelenk eingestellt wird, während der zweite Zeiger ebenfalls am Kassettenhalter angebracht wird

und den Zentralstrahl aus einer Fokusentfernung von 45 cm senkrecht zur Kassette unter einem Winkel von 23° von oben und 15° von dorsal leitet.

Zum Schluß sollen noch einige Spezialaufnahmen erwähnt werden, welche die Darstellung oberer Molarenwurzeln und der Weisheitszähne im Ober- und Unterkiefer erleichtern:

Zur radiografischen Isolierung der Molarenwurzeln im Oberkiefer werden verschiedene Methoden angegeben. Kantorowicz richtet den Zentralstrahl schräg von oben durch die Kieferhöhle auf den Apex der Molarenwurzeln mit einer Neigung von ca. 60°. Nach Lemaster wird durch Einlegen einer Watterolle zwischen Objekt und Film neben einer Parallelstellung von Film- und Objektachse auch eine Isolierung der buccalen Wurzeln erreicht (1930). Gleiches bringt das Verfahren nach Wannemacher (1940) und die Benützung von Filmhaltern (Hauberrisser, Dorr, Hauser). Zur weiteren Differenzierung der Wurzelverhältnisse benützt Kantorowicz verschiedene Schrägaufnahmen in vertikaler und mesial oder distal exzentrischer Richtung. Dem Jochbogenschatten weicht er durch möglichst horizontale Projektion (10°) aus (1931).

Zur Darstellung der oberen Weisheitszähne richtet Balters den Zentralstrahl durch die Orbita mit einem Winkel von 65° auf den in Bißebene fixierten Film. Der sich aus dieser steilen Projektion ergebenden Verkürzung steht die klare Darstellung der palatinalen Wurzeln des 2. und 3. Molaren gegenüber. Parma bringt den Film ebenfalls in Bißebene an und exponiert im Winkel von 45° orthoradiär gegen den oberen Rand des Arcus zygomaticus. Auf diese Weise erscheinen die beiden letzten Molaren in der geräumigen Fossa temporalis. Brunetti veröffentlicht 1934 eine Methode, die den Vorteil hat, vor allem die vestibulären Wurzelpartien zu zeigen und so den Befund der üblichen Projektionen zu vervollständigen. Der Film wird vestibulär eingelegt und der Zentralstrahl von unten, bei den Molaren von dorsal, durch die Zahnreihe der Gegenseite geleitet.

Topografische Schwierigkeiten erfordern auch für die Aufnahme der unteren Weisheitszähne eine spezielle Einstellung. Die Aufnahmetechnik nach Pordes (1921) beruht auf der Fixierung des mit Bleifolie unterlegten, und an seinem schmäleren Rande etwa 1 cm umgebogenen Doppelfilms durch Aufbiß. Gute Ergebnisse liefern auch die von Winter angegebenen angulo-axialen Aufnahmen.

1925 beschreibt Raper die interproximale Aufnahmetechnik („Interproximal examination of teeth"). Am Film angebrachte Aufbißflügel gestatten ein fast paralleles Einlegen zur Zahnreihe. Der Zentralstrahl wird horizontal auf den Film eingestellt. Diese Technik ermöglicht die Feststellung von approximaler Karies, von Dentikeln, Beziehungen von Füllungen zum Cavum und außerdem die Darstellung von Ober- und Unterkiefer in Artikulation. Rina schildert 1928 die Möglichkeit, mit diesen Bißflügelfilmen in 3-5 Aufnahmen alle 32 Zähne darzustellen.

II. Die Röntgendiagnostik im Weltkrieg 1914-1918

Während des 1. Weltkrieges trat die Frage nach einer mit möglichst einfachen Mitteln durchführbaren Fremdkörperlokalisation in den Vordergrund, die meßbare Bilder gewinnen ließ.

War es doch bekannt, daß selbst bei Zahnaufnahmen nach der Winkelhalbierungstechnik nur relative Beziehungen geschaffen werden können, da die Genauigkeit der Einstellung begrenzt ist durch die nur schätzbare Lage der Wurzelspitze. Allerdings haben Dieck und Ciescynski ein Verfahren ausgearbeitet, das die exakte Längenmessung des Wurzelkanals ermöglicht, wenn ein Vergleichsmaßstab (Nadel) mitfotografiert wurde. Die Zahnlänge ergibt sich dann aus der Formel:

$$\text{Zahnlänge} = \frac{\text{Zahnschatten} \times \text{Nadellänge}}{\text{Nadelschatten}}$$

Die schon vor 1914 geübte Technik zur Lokalisierung von Fremdkörpern und zur Trennung zweier Körperelemente, die sich bei normaler Projektion überdecken würden, bestand in der Vornahme mehrerer Aufnahmen aus verschiedenen Richtungen, wobei man vorzugsweise die senkrechte Projektion beibehielt und lediglich die Lage des Körpers im Strahlengang veränderte. Neben dieser orthoradiären Einstellung bevorzugt Ciescynski die axiale Aufnahme, Dieck, besonders zur Eruierung retinierter Zähne, eine mesial bzw. distal exzentrische Aufnahme. Pordes empfiehlt 1921 zur detaillierteren Wiedergabe des Gaumenskeletts und zur Analyse der ungefähren Lagebeziehungen zusätzlich Aufnahmen in der Radialebene der den Fremdkörper benachbarten Zähne auf einer in Bißebene fixierten Platte in steiler Projektion.

Bei der Ausmessung dieser Aufnahmen geht Hauberrisser so vor, daß er auf zwei in einem Winkel von 35° zueinander stehenden Geraden einmal die Meßergebnisse der orthoradialen und einmal die der axialen Aufnahme überträgt. Der Fixierungspunkt liegt im Scheitel. In den Markierungsstellen werden Senkrechte errichtet, deren Schnittpunkt die topografische Lage des gesuchten Punktes ergibt. In ähnlicher Weise rekonstruiert Präger die Winkeleinstellung der von ihm geübten Horizontalaufnahmen. Es können auch bei jeweils verschiedener Stellung des Fokus zwei Aufnahmen auf einem Film gemacht werden. Die zwei Schattenbilder des gesuchten Fremdkörpers sind durch eine meßbare Strecke getrennt. Die Rekonstruktion des Strahlengangs auf dem Zeichenbrett ergibt im Schnittpunkt der Verbindungslinien den Lageort des Fremdkörpers.

Auf diesen Gesetzen der Parallaxe beruht sowohl die Möglichkeit einer exakten Lagebestimmung der Objektelemente auf fotogrammetrischem Wege, als auch der direkten räumlichen Orientierung durch stereoskopische Betrachtung.

Bei der Röntgenstereoskopie tritt an die Stelle der nachträglichen Rekonstruktion das betrachtende Augenpaar des Beobachters. Es werden zwei Filme nacheinander exponiert, wobei für beide Filme genau die gleiche Lage beibehalten wird, während die Röntgenröhre in horizontaler oder vertikaler Richtung verschoben ist. Durch die Veränderung der Strahlenrichtung ver-

schiebt sich auch die Lage eines bestimmten Bildpunktes auf dem zweiten Bild (parallaktische Disparation). Legt man beide Filme übereinander, so kann man diese Verschiebung messen und mit Hilfe eines dreidimensionalen Koordinatensystems die genauen Abstände und die Lage bestimmter Strecken bestimmen.

Der Vorteil eines unmittelbar räumlichen Eindrucks wurde kurz nach der Entdeckung Röntgens aufgenommen von Mach 1896 (Stereoskopbilder von dünnen Objekten und Injektionspräparaten), Levy-Dorn 1897 (Stereoskopaufnahmen von Extremitäten) und Ribaut 1897. Auf zahnärztlichem Gebiet führten erstmals Druner, Schaeffer-Stuckert und Grunmach stereoskopische Lagebestimmungen durch. Witzel veröffentlicht 1906 Stereoskopbilder von der Kieferanlage eines 2, 3, 4 und 5 monatlichen Embryos. Die prinzipiellen Möglichkeiten werden in den Verhandlungen der Anatomischen Gesellschaft 1912 dargelegt.

Eine restlos sichere topografische Bestimmung ist jedoch nur möglich durch fotogrammetrische Ausmessung des Stereoskopbildes. Zur Verwendung kam als ältestes verwertbares Instrument das Wheatstonesche Spiegelstereoskop. Eine Modifikation stellt der Deville-Pulfrichsche Stereoplanigraph mit transparenten Spiegeln dar.Der weitere Ausbau wurde durch den Ausbruch des Weltkrieges 1914 unterbrochen. Doch war es gerade während des Krieges von größter Wichtigkeit, die Lokalisation von Geschoßteilen und den Verlauf der Bruchlinien bei Kieferfrakturen sicher und schnell zu erkennen. Abgesehen von den Versuchen einer Lagebestimmung mittels Teleröntgenografie, Orthodiagrafie, Abstandsmessungen wie im Fürstenauschen Verfahren (Tiefenzirkel), rechnerischer oder konstruktiver Tiefenbestimmung (Barth 1916), Orthogonalverfahren nach Lilienfeld, Blendenrandmethode u. ä., war man bestrebt, die Technik und Apparaturen für Stereogramme zu vereinfachen und der Diagnostik auch unter den primitiven Kriegsverhältnissen zuzuführen.

Ciescynski versuchte eine Vereinfachung der Stereotechnik zu erreichen mit Hilfe des einfachen Röhrenstativs und der von ihm angegebenen Kopfkappe. Das Prinzip ist kurz folgendes: der durch Verschiebung bzw. Kippung der Röhre erzielte Divergenzwinkel um den Augenabstand wird für den Platten-Fokus-Abstand von 50 cm auf dem Diagramm der Kopfkappe eingezeichnet und ist so einstellbar. Diese Methode kann auch für intraorale Stereoaufnahmen verwendet werden, wenn die ebenfalls von Ciescynski angegebene und mit Meßvorrichtungen versehene Bißplatte aus Metall in den Mund eingelegt wird. Parma wählt den Divergenzwinkel möglichst groß, da er so eine bessere Plastizität zu erhalten glaubt.

Die sehr gebräuchliche Aufnahmetechnik mit Festlegung der Röhre in orthoradiärer Einstellung und jeweiliger Verschiebung um 3,7 cm nach rechts bzw. links führte zum Vorwurf der Stereoskopie als nicht exakt (Weski 1915), da der Betrachter dem rein subjektiven Eindruck ausgeliefert ist. Ein solches Halbbildpaar unterliegt vielen Möglichkeiten der Verzerrung („Pseudoeffekt"). Die Wahrscheinlichkeit, unter diesen Umständen das erstrebte tautomorphe Raumbild mit vollständiger Übereinstimmung mit dem Objekt zu erhalten, ist verschwindend klein. Zu den objektiven, durch den Strahlengang bedingten Fehlern kommen die subjektiven Täuschungen. Subjektive stereoskopische Betrachtungen gestattet jedes Stereoskop, z. B. das Stereobinokel nach Stumpf oder das Einspiegelstereoskop, das Dietlen 1916 vertritt.

Von den Gefahren des subjektiv erzeugten Raumeindrucks, der nur Schätzungen gestattet, warnt besonders Hasselwander. Er weist immer wieder auf den eigentlichen Vorteil des objektiv gewonnenen und objektiv ausgewerteten Stereobildes hin, nämlich: „ein Raumbild zu gewinnen, das wir so behandeln können, als ob wir das Objekt selbst, nur durchsichtig und durchdringbar, vor uns hätten, und an dem wir direkte Messungen oder Nachbildungen irgendwelcher Art vornehmen können."

Daß die Stereofotogrammetrie des Röntgenbildes auch in die feldärztliche Tätigkeit miteinbezogen werden konnte, ist nicht zuletzt das Verdienst Hasselwanders, der den Mangel an Stereoröhren durch den von ihm selbst konstruierten und noch heute gebräuchlichen Stereoskiagrafen ersetzte. Dieser Apparat, zur Aufnahme und zur objektiven Betrachtung verwendbar, ermöglicht es, jede im Raumbild liegende Ebene zeichnerisch zu Papier zu bringen und Modelle anzufertigen. Diese Tatsache war für die Kieferbruchbehandlung von maßgebender Bedeutung, da dem Patienten auf diese Weise die oft schwierige und schmerzhafte Abdrucknahme erspart werden konnte.

Die extraorale Aufnahmetechnik nach Hasselwander sieht einen Fokusabstand von 50—65 cm vor. Die dem Fokus der Röhre jeweils senkrecht gegenüberliegenden Bildpunkte („Achsenstrahlenfußpunkte") werden durch Bleidrahtkreuzchen in der Aufliegeplatte der Wechselkassette genau bezeichnet. Bei der zweiten Aufnahme wird die Röhre nach Auswechselung des Films horizontal um die Pupillendistanz des Betrachters verschoben.

Auch bei der intraoralen Aufnahmetechnik stehen die Achsenstrahlenfußpunkte senkrecht zur Platte. Der Fokus-Objekt-Abstand beträgt hierbei 25 cm, die Röhrenverschiebung 3,5 cm. Improvisation einer kleinen, sich den engen Mundverhältnissen anpassenden Wechselkassette.

Zur Auswertung ist kurz folgendes zu sagen: Wirklichkeitsentsprechende Bilder erhält man, wenn bei der Betrachtung der gleiche Fokus-Objekt-Abstand gewahrt bleibt, die Röhrenverschiebung um den Pupillenabstand (ca. 64 mm) erfolgt und die Achsenstrahlen genau dem Achsenstrahlengang des Auges bei der Betrachtung entsprechen, was praktisch durch die Markierung der Achsenstrahlenfußpunkte bei der Aufnahme und entsprechender Einstellung im Stereoskop geschieht. In einer Veröffentlichung vom Jahr 1915 stimmt Trendelenburg grundsätzlich mit den Forderungen Hasselwanders überein und weicht nur in der Wahl der Auswertungsmittel ab. 1918 erscheint eine umfassende Abhandlung Trendelenburgs über stereoskopische Raummessung an Röntgenaufnahmen, sowie der Hinweis auf ein von der Firma Leitz hergestelltes Instrument, das in fester Form die Richtigkeitskautelen wahrt. Mögliche Fehlerquellen resultieren nur aus dem zeitlichen Abstand der Aufnahmen, während dem das aufgenommene Objekt selbst durch Bewegung Form und Lage ändern kann, was wiederum zu parallaktischen Verschiebungen führt.

Der Vorschlag, den Vorgang der Aufnahmen beider Halbbilder in einem einzigen Zeitmoment abzuwickeln, wird als Rasterstereoskopie (Stereoskopie mit verschränkten Halbbildern) bezeichnet und schon 1896 von Berthier angegeben. Jacobsen, Ives u. a. verwenden erstmals derartige Stereogramme im Jahre 1917.

Nach dem Kriege 1914—1918 wurden die Indikationen für Stereoaufnahmen wieder auf andere Gebiete ausgedehnt, z. B. zur Bestimmung der Ausdehnung von Tumoren und Ostitiden, zur Herstellung von Schienen (Reckow), für die Craniometrie in der Orthodontie (Kösters), in Luxations- und Frakturfällen und in der operativen Zahnheilkunde. Hubmann schreibt 1921 über ihre Verwertbarkeit bei Wurzelspitzenresektionen und die Möglichkeit, mit ihrer Hilfe die Verhältnisse zwischen der Lage von Wurzelspitze und Antrum zu klären.

1929 nimmt Hasselwander Stellung gegen das von dem französischen Röntgenologen L. Dioclés entwickelte Verfahren der Telestereodiagrafie. Dioclés vergrößert den Röhren-Platten-Abstand auf 120—250 cm und erhält durch die Röhrenverschiebung bzw. den Abstand zweier Röhren voneinander eine proportional gesteigerte Aufnahmebasis (Hyperstereoskopie). Während Hasselwander hervorhebt, daß es keine ungünstigere Anordnung gibt, als Bilder im parallelen Strahlengang zu gewinnen und sie dann zentralprojektorisch zu betrachten, da die Verschiedenheit der Parallaxe der einzelnen Bildpunkte die Tiefenanordnung der einzelnen Raumbildpunkte bedingt, wozu die Divergenz des zentralprojektorischen Strahlengangs das Mittel ist, glaubt Dioclés, Raumrichtigkeit nur durch parallelprojektorisch gewonnene Bilder erreichen zu können. Diese Methode der Orthodiagrafie modifiziert mit der Teleröntgenografie wird auch von Jepkens aus dem Institut Grashey und verschiedenen anderen Autoren geübt.

Eine andere Auswertung von Stereoröntgenogrammen des Schädels gibt Reckow 1933 nach Aufnahmen in schräger Projektion an. Die stereoskopisch ausgeführten Schrägaufnahmen werden aber unter anderen Daten im Stereoskop betrachtet, als sie der Aufnahmeanordnung nach gewonnen wurden. Hieraus ergeben sich wieder Verzerrungen des erzielten Raumeindrucks, die zwar bei subjektiver Betrachtung nicht auffallen, umso mehr aber bei der objektiven Auswertung stören. So ist es z. B. nicht möglich, die von Ciescynski angegebenen Aufnahmetypen des Gesichtsschädels (Occ. front. Aufnahme, occ. ment. Aufnahme und Schrägaufnahmen) außer der occ. front. Aufnahme beispielsweise im Hasselwanderschen Apparat stereogrammetrisch auszuwerten, obwohl auch bei dieser Aufnahme der Strahleneinfall nicht senkrecht, sondern unter einem Winkel von 60—70° die Platte trifft.

Um diese Fehler auszuschließen, modifizierte Teschendorf die gebräuchlichen Schrägaufnahmen (z.B. noch Schüller, Mayer usw.) derart, daß er von der typischen Anordnung abweicht und die schrägen Aufnahmen in vertikale Aufnahmen verwandelt. Daß dann der eigentliche Wert der Schrägaufnahme verlorengeht, wird von Koch hervorgehoben. Koch war es auch, der eine Verbesserung dieser Methode ausarbeitete, indem er die Lichtkästen der Geräte mit Drehvorrichtungen versah, so daß die Mattscheiben, die ursprünglich senkrecht standen, geneigt werden konnten und auf diese Weise den Strahleneinfallwinkel im Stereoskop rekonstruieren ließen. Reckow versuchte nun die Winkel von Platte und Strahlengang durch eine Schrägstellung der Stereoplatten vor den Mattscheiben der Lichtkästen zu rekonstruieren. Vermittels der geometrischen Rekonstruktion der Röntgenaufnahmenvorrichtung und der praktisch benötigten Röhrenstellung im Maßstab 1:1 gewann er ein Projektionsdiagramm mit der Errechnung einer Einstelltabelle, die es erlaubten, bei Röntgenapparaten verschiedenster Herkunft stereos-

kopische Schrägaufnahmen mit genau feststellbaren Aufnahmedaten nicht nur anzufertigen, sondern auch unter Verwendung von vorhandenen Stereoskopen in gleicher Weise auszuwerten, wie es schon seit Jahrzehnten bei den mit senkrechtem Strahleneinfall gewonnenen Strereogrammen möglich war.

Eine weitere Verbesserung der intraoralen Stereodiagnostik bringen Beyerlein und Kösters 1934. Zur Fixierung der Kassettenlage wird ein Stentsabdruck genommen, und die Kassette in einer ausgeschnittenen Aussparung so festgewachst, daß der Winkel zwischen ihr und der Zahnachse möglichst klein gehalten wird. Bei der zweiten Aufnahme soll die Röhre um ca. $^1/_{10}$ des Brennfleck-Filmabstandes gedreht werden. Die zur subjektiven und objektiven Auswertung erforderliche Ermittlung der Röhrenbrennpunkte ist nachträglich aus dem Stentsmodell und der parallaktischen Disparation möglich, und zwar durch Einführung eines nach seiner Lage und Größe im Objektraum bekannten Punktes P. Aus diesem Punkt und seinen beiden Stereoabbildungen ermittelt man den geometrischen Ort der projezierenden Brennpunkte; aus zwei bekannten Punkten und ihren Abbildungen die Lage der projezierenden Brennpunkte, also die Röhrenstellung selbst. Außerdem ist durch die Aussparung im Stentsmodell die Aufnahmegrundebene in Beziehung zum Punkt P und zum Aufnahmeobjekt eindeutig bestimmt und fixiert. Aufnahmegrundebene und Raumpunkt ergeben eine Pyramide mit der Spitze P, die zweimal unter Verlagerung des Röhrenbrennpunktes zusammen mit dem zu bestimmenden Objekt aufgenommen wird. Beim Aufeinanderlegen beider Filme decken sich auf Grund der parallaktischen Disparation diese beiden Punkte P nicht. Sie müssen so in ein Stereoskop eingefügt werden, daß die parallaktische Disparation horizontal verläuft.

Ein Beitrag zur intraoralen Röntgenfotografie in dreidimensionaler Betrachtung von Berghagen und Hjelmström vom Mai 1954 stellt die Vorteile stereoskopischer Röntgenbilder, die sich in der Zahnheilkunde nicht den Platz errungen haben, den man ihnen zugedacht hat, in denVordergrund und bringen eine neue Technik, bei der Bewegungsunschärfen vermieden werden. Die relativ einfache Apparatur besteht aus einem durch verschiedene Klemm- und Streckvorrichtungen mit der Röntgenröhre verbundenem Gestänge, das einen Filmhalter trägt, an dem sich eine durchlochte Platte befindet. Sie dient zur Fixierung des Bisses und ist zu diesem Zweck mit Stentsmasse ausgefüllt. Die Röhre kann unbeeinflußt davon 14 mal in horizontaler und vertikaler Richtung verändert werden. Dadurch können Details sichtbar gemacht werden, die bei der Betrachtung eines Einzelbildes dem Auge entgehen.

III. Die Röntgendiagnostik von 1918 bis zur Jetztzeit

Der bis jetzt besprochene Zeitraum trug im wesentlichen dazu bei, ganz allgemeine Richtungskomponenten aufzustellen, nach denen die rein empirisch gewonnenen Erfahrungen auf dem Gebiet der Röntgendiagnostik und den sich gleichlaufend entwickelnden Gebieten der Röntgenphysik, Röntgentechnik und Projektionslehre geordnet werden konnten.

Der weitere Verlauf gilt nun hauptsächlich der Spezialisierung diagnostischer Untersuchung. Diese Umstellung war insofern möglich, als sich parallel mit der Entwicklung der zahnärztlichen Röntgendiagnostik die Untersuchungsmöglichkeiten der dentalen Histopathologie vervollkommnet haben. Vor allem Weski hat gezeigt, daß die zahnärztliche Röntgenuntersuchung nicht nur zur Unterstützung der klinischen Diagnose und allein makroskopisch-topografisch zu verwerten ist, sondern in gleichem Maße hart an der Grenze mikroskopischer Gewebsuntersuchungen steht.

Die anfänglichen Versuche galten zunächst der Erforschung von Art und Wesen des Erscheinungsbildes periapikaler Veränderungen. Ausgangspunkt dafür war die während der Zeit des ersten Weltkrieges in Amerika kursierende Theorie über „Herdinfektion und Oralsepsis".

Unter Fokalinfektion versteht man ganz allgemein die Abgabe von Bakterien, Toxinen oder Allergenen von einem Infektionsherd aus in den Körper mit Störungen funktioneller und organischer Art. Die Erkrankungen spezifizieren sich hauptsächlich auf das hämatogene und Gefäßsystem, das Nerven- und Urogenitalsystem, die Muskeln, Gelenke, den Magen-Darm-Trakt und die Haut. Als Infektionsherde kommen neben der chronischen Infektion der Tonsillen, der Nasennebenhöhlen, Speicheldrüsen und seltener der Lymphbahnen, in der Mundhöhle vor allem die pulpenlosen, „toten" Zähne mit den eben erwähnten periapikalen Affektionen als ursächliche Momente in Betracht. Brailsford beschreibt anhand von Röntgenbefunden 1930 einen Fall von allgemeiner Sepsis ausgehend von zwei derartigen „marktoten" Oberkieferzähnen. Der tote Zahn stellt eine abgestorbene organische Masse dar, die durch die lebende Wurzelhaut mit dem Gefäßsystem des Körpers in enger Beziehung steht. Wenngleich Pordes 1922 zur Oralsepsisfrage bemerkt, daß sich die Kieferspongiosa den peroralen Infektionen gegenüber im wesentlichen ebenso resistent verhält wie die Mundschleimhaut (Organimmunität), so ist doch, dadurch begünstigt, jederzeit ein Übergang von der Sterilität zur Infektionsquelle möglich. Bei hämatogener oder perkutaner traumatischer Infektion dagegen ist die Kieferspongiosa ebenso infektionsempfindlich wie das übrige Skelett. Außerdem zeigte die Erfahrung, daß akute Infektionskrankheiten die Eigenschaft der ruhenden periapikalen Infektion wesentlich verändern und ihrer, durch die perorale Entstehung bedingten Harmlosigkeit berauben kann. Daneben gilt auch jedes entzündete Gewebe als aktivierend und besitzt die Fähigkeit eine sekundäre Veränderung apikaler Ostitiden hervorzurufen, was im besten Falle zur Phagocytose der angelockten Bakterien oder aber zu einer allgemeinen Verschlimmerung des lokalen Zustandsbildes führt (Anachorese). Parade definiert diese Erscheinung als Resultante des Wechselspiels zwischen den Herdstoffen der bakteriellen Streuung oder Fokaltoxikose und den Abwehrleistungen des Körpers.

Die periapikalen Affektionen selbst stellen ostitische Vorgänge im Kieferknochen dar, die sich röntgenologisch in Form osteolytischer Prozesse abbilden. Sie imponieren als umschriebene Verbreiterung des Periodontalspaltes und einer Knochendestruktion, die beim akuten Erscheinungsbild eine

unscharfe Grenze gegen die Einschmelzung aufweist (Ostitis localisata diffusa), während sie bei längerer Dauer oder weniger akutem Prozeß in der Umgebung der Einschmelzung die Symptome einer Knochensklerose erkennen läßt (Ostitis localisata circumscripta). Pathogenetisch hebt vor allem Weski (1924) den monocausalen Charakter ihrer Entstehung hervor und verfolgt röntgenologisch die pulpogen bedingte und per continuitatem fortgeleitete Entzündung. Es kommt ferner neben reaktiven Veränderungen des Parodontiums — beispielsweise einer Hyperzementose der Zahnwurzeln — unter dem Zerfall der Pulpa auf infektiöser Basis am Fundus der Alveole zur Ausbildung von Granulationsgewebe, dessen feinerer Bau bekannt ist durch Arbeiten von Römer, Partsch, Proell und Rumpel. Die Granulationsgewebsbildung wird von den meisten Autoren als Produkt des spezifischen Entzündungsprozesses angesehen (Riha 1922, Partsch, Weski), während Kneschaurek (1922) dieselbe als gesetzmäßig auftretende, dem Epithelverlust (offene Kanäle) folgende Gewebsreaktion auffaßt.

In enger Beziehung zu diesen periapikalen Affektionen, da sie sich zum Teil aus ihnen entwickeln, stehen die Zysten. Auch diese müssen im infizierten Zustand als ursächlicher Faktor für die Fokalinfektion angesehen werden. Zysten führen zur Bildung eines Hohlraumes im Knochen und stehen immer im Zusammenhang mit dem Zahnapparat. Man unterscheidet radikuläre Zysten mit der Entwicklung aus dem Granulationsgewebe ostitischer Veränderungen am Apex durch Proliferation von Epithelresten; außerdem follikuläre Zysten in ihrer Entstehung aus dem Schmelzorgan und verschiedene Arten von paradentären Zysten, die jedoch ebenfalls auf Teile der epithelialen Zahnleiste oder versprengte Epithelreste als Ursache hinweisen.

Röntgenologisch imponiert eine häufig scharf begrenzte Entschattung im Bereich der Spongiosa von anfänglich runder Form. Durch die expansive Wachstumstendenz der Zysten kommt es jedoch oft zu Deformierungen durch die Kompaktaschichten der Kieferbegrenzungen, was zu Auftreibungen am Knochen und zu Verdrängungserscheinungen an den Wurzeln der Nachbarzähne führt. Die Entschattung ist von einem zarten sklerotischen Randsaum umgeben.

Die Ätiologie der radikulären Zysten, in Besonderheit unter Berücksichtigung der Frage über die Herkunft der Epithelien, erörtert Kneschaurek 1922. Nachdem von Astacloff die Grawitzsche Auffassung, daß sich die Epithelreste aus der Mundschleimhaut über den Weg der Fistelbildung herleiten, einwandfrei widerlegt (1909) und die Entwicklung aus Resten der Epithelleiste (Malassez) bewiesen war, blieb die Frage nach dem auslösenden Moment einer zystischen Entartung. Es war nämlich beobachtet worden, daß oftmals Epithelreste symptomlos liegenbleiben oder auch in Wucherung geraten, ohne daß eine Zyste entsteht. Während im allgemeinen die Anordnung zur Zystenauskleidung als sekundäre Folge vorausgehender chronischer Entzündungen angesehen wird (Ennis 1927), versucht Kneschaurek, diese Frage nach Beobachtungen an Röntgenaufnahmen als primär durch die Art anfänglicher Reizerscheinung entstanden zu beantworten. Er unterscheidet dabei zwei Arten von periapikalen Veränderungen:

1) Affektionen ohne Auflösung der Innenkompakta mit kugeliger Abdrängung der Kompaktaschicht, die bei Fortbestand der Reizwirkung über das gesamte Wurzeldelta, den Malassezschen Epithelresten als Matritze dienen soll, und

2) Affektionen, die eine Auflösung der Innenkompakta zur Folge haben, wobei die Epithelreste durch den von einem einzelnen Kanal aus eindringenden septischen Eiter und das Abgeschnittenwerden von den nutritiven Elementen entweder vernichtet werden, oder aber, wenn der Angriff nur als Reizerscheinung zu werten ist, in Wucherung geraten. Mangels einer systematisierten, gegenseitigen Verbindungsmöglichkeit sollen sich dann nur noch unregelmäßige Epithelzüge finden, welche die Fähigkeit zur Auskleidung einer Zyste verloren haben.

Zur Ätiologie der follikularen Zysten verweist Lapidus 1928 auf Röntgenstudien, welche die Behauptung Lartschneiders, daß der Zahnfollikel von einem bestimmten Moment an eine Zyste vorstellt, als nicht richtig beweisen. Die Röntgenbilder zeigen:

1) Zahnkeime, die bei unzerstörtem Zahnsäckchen durch Granulationsgewebe zurückgeschoben erscheinen;

2) Zahnkeime, die ebenfalls bei unzerstörtem Zahnsäckchen durch radikuläre Zysten an Milchzähnen zurückgedrängt wurden, und

3) Zahnkeime, die nach Zerstörung des Zahnsäckchens durch entzündliche Knochenveränderungen in der Umgebung zystisch entarteten.

Lapidus folgert daraus, daß die follikuläre Zyste das Resultat eines Entzündungsprozesses darstellt, der sich in nächster Nachbarschaft eines Zahnkeims abspielt. Die gleiche Anschauung vertritt Häupl 1930 und Bloch-Jörgensen, der als erster auf gangränöse Milchzähne mit apikaler Parodontitis in der Nähe von Zahnkeimen hinweist und die Zystenbildung darauf zurückführt.

Im allgemeinen können die Zysten gegen die soliden knochenzerstörenden Geschwülste röntgenologisch abgegrenzt werden. Nicht zu entscheiden, und darauf weist Axhausen 1934 hin, ist auf Grund des Röntgenbildes die Frage, ob eine einfache Zyste oder ein Adamantinom vorliegt, das in seinem Bau einer mehrkammrigen Zyste gleicht. Sonesson fand als besonderes Merkmal dieser Tumorart, stellenweise in der kortikalen Begrenzung und an den, in den Hohlraum ragenden Septen vorkommende, ungleichmäßige Sklerosen (zit. nach Haunfelder). Nicht möglich ist es röntgenologisch oftmals, apikale Ostitiden und Zysten zu differenzieren. Es kann jeweils nur auf das Vorhandensein apikaler Veränderungen, nicht aber auf ihre pathologische Art geschlossen werden.

Als brauchbares Kriterium gilt andererseits das Röntgenbild für die erfolgte Ausheilung nach medikamentöser und chirurgischer Behandlung der periapikalen Affektionen. Riha stellt in einer Veröffentlichung 1924 fest, daß sich röntgenologisch in der 3. Woche post operationem eine beginnende Verschattung der Knochenpartien entsprechend einer vermehrten Knochenstruktur zeigt. In die 4. Woche fällt der Beginn der einsetzenden Verkalkung. Außerdem ist um diese Zeit auch eine schmale Entschattungslinie zwischen Wurzelstumpf und neugebildetem Knochen wahrzunehmen, welche in die Periodontallinie der mesialen und distalen Seite des Zahnes übergeht und als neugebildetes Parodontium imponiert. Nach 12 Wochen post operationem sollen keine Farb- und Strukturunterschiede im Vergleich mit dem gesunden Gewebe mehr auffallen. Demzufolge haben die von W. Bauer aus Tierexperimenten am nicht infizierten Kieferknochen geschöpften Anschauungen auch für den infizierten Kieferknochen des Menschen sinnfällige Bedeutung.

In ähnlicher Weise wurde das Ergebnis der verschiedenen Behandlungs-

methoden der besprochenen pathologischen Erscheinungsbilder, einschießlich Pulpenerkrankungen, einer röntgenologischen Kontrolle unterzogen:

So verweist Neumann 1924 auf seine im Jahre 1915 veröffentlichte Arbeit, worin anhand von Röntgenbildern bis dahin nicht durchgeführte Wurzelspitzenresektionen an Molaren gezeigt werden. Die Anschauung Witzels, daß Resektionen nur an Frontzähnen und Prämolaren durchführbar seien, waren zu diesem Zeitpunkt bereits durch die Erfahrung Kunerts und Trauners überholt, die mit Erfolg sowohl im Ober- als auch im Unterkiefer Wurzelspitzenresektionen an Molaren durchführten. Wehlau schildert in seiner Dissertationsarbeit die Entwicklung der Wurzelspitzenresektion und weist nach, daß auch Partsch, Weiser, Luniatschek, Mayerhofer, Cohn, Fryd, Hamburger, Frey, Dependorf, Rosenstein, von Hippel, Pater und Sicher ebenfalls diesen chirurgischen Eingriff vorgenommen haben. Die gleiche Bedeutung kommt der röntgenologischen Beurteilung von Wurzelbehandlungsmaßnahmen zu. In den Jahren um 1930 folgerte man aus zahlreichen Befunden (Begelmann, O. Müller, Alder, Cohn), daß häufiger parodontale Veränderungen gefunden werden an exstirpierten als an amputierten Pulpen. Es ergaben Untersuchungen an Zähnen mit amputierter Pulpa in 87,5 % der Fälle ein normales Parodontium, während bei exstirpierten Pulpen nur 57,5 % einen Erfolg zeitigten. Außerdem war des öfteren eine stärkere Verkalkung im periapikalen Gebiet nach Anwendung der Amputationsmethode beobachtet worden.

Schon wenig später erkannte man aber, daß die Frage, ob Exstirpation oder Amputation, vor allem abhängig ist vom Zustand der erkrankten Pulpa. Es ist klinisch äußerst schwer und oftmals mit Gewißheit gar nicht zu sagen, inwieweit eine partielle Pulpitis das Pulpengewebe erfaßt hat. Erst die Beseitigung des gesamten pathologisch veränderten Pulpengewebes verspricht in Verbindung mit einer reizlosen, wand- und randständigen Wurzelfüllung die Reaktionslosigkeit des umgebenden periapikalen Gewebes. Deshalb ist aus rein prophylaktischen Gründen und erst recht bei schon vorhandener periapikaler Reizung die Wahl der Exstirpation in Verbindung mit der OH^- Jonophorese (Bernard) angezeigt. Diese von H. Wolf, Würzburg, in Deutschland eingeführte Art der Sterilisation von Wurzelkanal und periapikalem Gewebe zeigt röntgenologisch nachweisbar nach gewissen Zeiträumen eine vollkommene Ausheilung selbst ausgedehnter periapikaler Ostitiden.

Wie Parma 1934 hervorhebt, ist die Deutlichkeit röntgenologischer Darstellung der Wurzelkanäle abhängig von der Größe und Form des Kanallumens als auch von der Streuung der Strahlen, die apikalwärts zunimmt. Parma zeigt ferner, daß das mittlere Drittel des Kanals unsichtbar bleiben kann, wenn dieser Teil im Gegensatz zu dem meist runden Abschnitt in Cavum- oder Apexnähe flach gestaltet ist und exzentrisch aufgenommen wurde, wie das bei distalen oder mesialen Wurzeln der Molaren häufig der Fall ist. Die apikale Projektion verzeichnet außerdem das Bild in verschiedener Weise:

Einmal wird die Wurzelkrümmung übertrieben gezeichnet, zum andern resultiert aus dem schrägen Auftreffen der Strahlen, daß die horizontalen Teile des Zahnes wie Kaufläche, Pulpenboden usw. zu weit abgebildet werden. Die übergroße Breitendimension als Folge der Zentralprojektion wird durch die apikale Projektion nicht wesentlich beeinflußt. So entsteht

ein Bild des Zahnes, das zwar normal lang, aber zu breit und in der Struktur okklusalwärts verschoben ist, da die einzelnen Strukturteile in Richtung der Strahlen verschoben werden. Als Beispiel führt Parma die Einengung der Pulpenkammer in der Cervixgegend an, die sich infolge der apikalen Projektion zu tief in die Pulpenkammer einzeichnet. Sie ist in Wirklichkeit höher gelegen und wird nur projektorisch okklusalwärts verschoben. Ferner werden die buccalen Wurzeln oberer Molaren unter einem größeren Winkel getroffen als die palatinalen Wurzeln, was die buccalen Wurzeln mit ihren Kanälen unnatürlich verbogen erscheinen läßt, wogegen die palatinale Wurzel groß und gestreckt abgebildet wird.

Bevor jedoch die Gruppierung periapikaler Affektionen nach Wesen, Art, Ätiologie und therapeutischem Verhalten vorgenommen werden konnte, war es nötig, die über Jahrzehnte hinweg wegen der Unklarheit ihrer Entstehung und der Ähnlichkeit ihrer Erscheinungsbilder unter dem Sammelbegriff der „Alveolarpyorrhoe" zusammengefaßten apikalen und marginalen Veränderungen zu trennen.

Einen Wendepunkt dieser Anschauung bringt das Jahr 1921 mit einer Veröffentlichung Weskis „Über die marginalen Paradentosen". Weski bricht mit der bisherigen Anschauung der „Alveolarpyorrhoe", deren wesentliches Element die Eiterung war, und stellt als neues Merkmal die röntgennachweisbare marginale Knochenatrophie in den Vordergrund, die sich auch ohne Eiterung in horizontaler und vertikaler Richtung bemerkbar machen kann. Er stützt sich hierbei auf die entwicklungsgeschichtlichen Forschungen Landsbergers und auf eigene Röntgenuntersuchungen, die Zahn, Zahnfleisch, Parodontium und Alveolarfortsatz als organische Einheit zeigen. Landsberger prägt in diesem Zusammenhang den Begriff der Alveole als Funktion des Zahnes und beweist, daß der Zahn sich nicht selbständig bewegt, sondern von der Alveole emporgetragen wird. Weski zieht diese Ergebnisse ins Pathologische. Er klassifiziert nach röntgenologischen Beobachtungen die verschiedenen Formen der Atrophie, wobei er die Prognose der einzelnen Formen scharf kennzeichnet. Den beiden Hauptformen, Pyorrhoea supraalveolaris und Pyorrhoea intraalveolaris, werden eine Reihe von Unterabteilungen unterstellt, die horizontale und vertikale Atrophien mit und ohne Taschenbildung einschließen.

Auch Riha verweist 1922 auf die ursächliche Verschiedenheit der apikalen und marginalen Krankheitsbilder, wobei einmal der Zerfall der Pulpa allein maßgebend ist, während der Zustand der Pulpa für die Genese der marginalen Affektionen gleichgültig bleibt. Daß so lange Zeit hindurch eine Verwechslung und Verallgemeinerung dieser Formen möglich war, ist nur auf die gleiche Austrittsstelle des Eiters zurückzuführen.

Neben Weski und Riha hat auch Pordes sich röntgenologisch klärend hervorgehoben, ebenso Nodine, Geißler und auf histologischem Gebiet von Fleischmann und Gottlieb. 1935 zeigt J. de Croes anhand von Röntgenaufnahmen die Ergebnisse seines Studiums des Paradentoseprozesses und deutet auf die Abhängigkeit des physiologischen Verfalls von Artikulationsanomalien, schlechter Kalzifikation, Zirkulations- und Stoffwechselstörungen hin. Er leitet somit über zu der heutigen Auffassung über die:

Parodontopathien, die überblicksmäßig nach den Ergebnissen klinischer und röntgenologischer Studien, unter Berücksichtigung der üblichen Bezeichnungen, zusammengefaßt werden sollen:

Unter Parodontopathien versteht man alle marginal beginnenden Parodontitiden, auch Gingivitiden, von entzündlichem Charakter mit zum größten Teil exogener Ursache und teilweiser endogener Disposition. Sie treten in Erscheinung in Form einer Gingivitis marginalis, die allmählich unter Bildung von subgingivalem Zahnstein zum Tiefertreten des Epithelansatzes führt, mit Taschenbildung und Sekretabsonderung. Diesen Vorgängen folgt der Knochenabbau von marginal her und eine zunehmende Lockerung der betreffenden Zähne.

Neben den Gingivitiden und der Parodontitis chronica marginalis superficialis führt die Parodontitis chronica marginalis progressiva hinüber zur zweiten Hauptform der Parodontopathien, der Parodontose. Diese ist nicht entzündlich und abgesehen von natürlich vorhandenen exogenen Momenten rein endogen bedingt. Man zählt zur Parodontose die Parodontitis marginalis chronica progressiva, die Parodontitis pubertalis und gravidarum, bei denen jedesmal endogene Faktoren im Vordergrund stehen, und die hauptsächlich atrophischen Vorgänge bei der Parodontose senilis und praecox, der Belastungsdystrophie, der Entlastungsdystrophie und Wanderungsparodontose.

Die besonderen Aufnahmeformen des marginalen Parodontiums stellt Reckow 1940 noch einmal zusammen. Er fügt der Isometrieregel nach Ciescynski-Dieck, der Einstellung nach Hauberrisser, Loos-Gabriel und der Bißflügelmethode nach Raper eine weitere Darstellungsmöglichkeit hinzu, indem der Zentralstrahl bei einem Fokus-Film-Abstand von 30-35 cm senkrecht auf den marginalen Knochenrand gerichtet wird. Daß die Taschentiefe röntgenologisch besonders gut durch eingeführte Guttaperchastifte übersehen werden kann, wurde schon von Ciescynski und 1922 von Weski angegeben.

Einer besonderen Erwähnung bedarf die Darstellung der „Möglichkeiten und Grenzen der Röntgendiagnose". Eine Vielzahl von Veröffentlichungen behandelt dieses Thema (Müller 1922, Bowdler, Pollia 1927, Euler 1929, Miller 1930, Loos-Gabriel 1931, Hecht 1933, Thoma 1934, Heuser 1952, Buschinger 1951, Haunfelder 1955).

Die Wichtigkeit einer Erörterung dieser Frage ergibt sich aus der häufig vorkommenden Verwechslung normal-anatomischer Bilder mit krankhaften Veränderungen. Sie sind, abgesehen von Projektionsirrtümern und technischen Fehlern, meist hervorgerufen durch mangelnde Kenntnis anatomischer Merkmale und der allgemeinen Röntgensymptomatik des normalen Zahn-, Mund- und Kieferbereichs.

Von allen menschlichen Geweben absorbiert der Zahnschmelz am stärksten wegen seiner dichten Packung von Phosphor und Calcium und seiner Wasserarmut. Man spricht von „schmelzdichtem Schatten". Das Dentin dagegen absorbiert ungefähr gleichstark wie Knochen entsprechender Dicke, ebenso Zement. Die Pulpenhöhle zeichnet sich als Entschattung ab. Der Periodontalspalt, ein etwa 0,2 mm breiter, heller, strukturloser Spalt, trennt den Zahn von der Alveole. Der normale Margo stellt sich als ein scharfer Strich auf gleicher Höhe dar.

Besonderheiten im Röntgenbild und spezielle Schwierigkeiten resultieren aber z. B. im Bereich des Oberkiefers durch Überlagerung des Sinus maxillaris und des Os zygomaticum. Der Sinus maxillaris reicht in seiner Ausdehnung meist bis zur verlängerten Achse des 4 + 4 und zeigt lateral eine S-förmige Krümmung. Sein tiefster Punkt liegt im Recessus alveolaris bei 6 + 6. Wird 6 + 6 früh extrahiert, so tritt der Boden der Kieferhöhle tiefer; es entsteht die „Zahnlückenbucht". Die Apices der Prämolaren reichen oft in die Aufhellung der Kieferhöhle hinein. Sind jedoch ihre Periodontalräume noch röntgenologisch zu verfolgen, so ist das Vorhandensein einer radikulären Zyste meist auszuschließen. Allerdings ist durch das Röntgenbild mit Sicherheit nicht festzustellen, ob ein Einbruch von Zysten und Ostitiden in das Antrum erfolgt ist, da ein solcher einerseits durch die Projektionsrichtung vorgetäuscht, andererseits aber röntgenologisch unsichtbar durch die Foramina nutritiva dünner Knochenschichten zwischen Antrum und Wurzel gegeben sein kann (Dieck). Außerdem vergleichen Weski und Euler (1929) die nach Röntgenbildern gewonnenen Vorstellungen mit Operationsbefunden, die sich oft weitgehend widersprechen.

Ferner gelangen das Corpus zygomaticum und der Processus zygomaticomaxillaris als V-förmige Verschattung zur Abbildung. Auch können die Schatten des Processus coronoideus, des Zungenbeins und der Wirbelkörper auf der anderen Seite Fremderscheinungen wie Zahnstein, Speichelsteine (Grauer 1927), verkalkte Lymphdrüsen u. ä. eine Bildbeeinträchtigung durch Überlagerung hervorrufen.

Bei der Darstellung der Incisivi ist bei symmetrischer Einstellung die Sutura intermaxillaris als einfache Entschattungslinie zu erkennen. Die rhombusartige Aufhellung über den Apices von 1 + 1 ist bedingt durch die Mündung des Canalis incisivus im Foramen incisivum. Der Verlauf des Canalis incisivus selbst ist nur selten sichtbar und wird erst wieder deutlich an seinem Ausgangspunkt im Cavum nasi. Die Verschattung der Spina nasalis anterior kann sich in die Aufhellung des Foramen incisivum hineinprojizieren. Besonders eingehend beschäftigt sich Parma 1927 mit der Anatomie des Canalis incisivus und seinen variablen Mündungsformen im Foramen incisivum. Als besonders wichtig hebt er hervor, daß sich der Canalis incisivus normalerweise aus zwei größeren Stensonschen Kanälchen zusammensetzt, die vom Meatus nasi ausgehend sich in einer Y-Figur vereinigen. Vor und hinter denselben befinden sich Kanälchen, welche direkt in der Sutur oder dicht daneben verlaufen. Auch brauchen sich die beiden Kanäle nicht zu vereinigen und münden dann gemeinsam oder getrennt im Ostium palatinum. Eben diese unsymmetrischen Varietäten sind für die röntgenologische Zahndiagnostik von Bedeutung. Die Spongiosazeichnung, besonders dorsalwärts in der oberen Hälfte des Canalis incisivus, ist oft derart durchlöchert, daß die manchmal 3-4 mm großen Lakunen, die eine Fortsetzung des Meatus nasi über den Processus alveolaris darstellen, fälschlich als apikale Ostitiden der Frontzähne angesehen werden.

Ähnlich verhält es sich auch im Unterkiefer mit der Lokalisation des Foramen mentale, das des öfteren an den Wurzelspitzen von 54-45 ostitische Veränderungen vortäuschen kann. Leist berichtet weiter von einem Fall, bei dem ein Sapiens durch Übereinanderprojektion von Linea obliqua und der Crura der Fossa retromolaris und Hineinprojektion des Velum palatinum imitiert wurde (1933).

Die Knochenstruktur ist im Unterkiefer engmaschiger als im Oberkiefer. Wie Alder 1929 darlegt, tritt im späteren Alter eine gewisse Auflockerung T-

balkenartig und zum Kieferkörper in Art einer Bogenkonstruktion geneigt, ein. Der corticale Septenabschluß lockert sich bereits mit etwa 20 Jahren auf, so daß eine Infektion des Canalis mandibularis oft nicht einer direkten Verbindung durch Ostitiden bedarf, sondern über den Weg der Markräume erfolgen kann. Nach Extraktionen weist der Alveolarfortsatz etwa nach 3 Monaten wieder eine scharfe Knochenbegrenzung auf. An den Nachbarzähnen ist infolge stärkerer Belastung eine verstärkte Spongiosazeichnung zu verfolgen.

Applebaum deutet 1934 darauf hin, wie normale und pathologische Veränderungen an Zahn und Alveolarfortsatz im Gebrauch weicher Röntgenstrahlen (10000 V) besser zur Darstellung kommer als mit den bis dahin verwendeten harten Strahlen (35000 V). Die harten Strahlen können ihrer großen Durchdringungskraft wegen nur besonders auffällige Verschiedenheiten im Röntgenbild aufdecken.

Im Gegensatz dazu erlaubt der Gebrauch von weichen Strahlen eine unterschiedsreichere Gestaltung. Diese Strahlen verlassen die etwas anders gebaute Röntgenröhre durch ein Lithiumfenster mit einem Minimum an Absorption. Robinsohn empfiehlt zusätzlich 1927 zur Betrachtung des Röntgenbildes die Lupenvergrößerung. Bei einem derartigen Vorgehen läßt sich etwa im Röntgenbild das gleiche erkennen wie an einem anatomischen Sagittalschnitt oder histologischen Schnitt.

Dennoch gibt es pathologische Veränderungen, die durch keine röntgenologische Maßnahme aufgedeckt werden können. Sie betreffen z. B. Defekte der Buccal- oder Lingualseite der Zähne, Dentikel unter Metallkronen, periapikale Herde nahe der Buccalwand des Knochens, Begutachtung apikaler Verhältnisse bei Milchzähnen mit nicht abgeschlossenem Wurzelwachstum. Auch bietet das Röntgenbild keinen genügenden Anhalt zur Differenzierung der Knochenstruktur an den Randgebieten ostitischer oder operativer Veränderungen, da diese einmal durch Überdeckung weniger kompakter Knochenpartien mit kompakten Gebieten die verschiedenen Erscheinungsbilder vortäuschen können, andererseits aber eine Auflockerung sowohl die Folge des operativen Eingriffs selbst sein kann als auch der Ausdruck beginnender Neugranulationen.

Um aus Röntgenbildern eine Strukturdiagnose gewinnen zu können, ist es vor allem wichtig, die physiologischen Vorgänge zu kennen, die Entkalkung oder Verkalkung bedingen:

Eine verminderte Gewebsdichte kann einmal Ausdruck regressiver Veränderungen sein, wie z. B. physiologischer oder auf Druck entstehender Osteoklasie mit Lakunenbildung an der Knochenoberfläche oder von Osteoporose mit der Ausdehnung auf den gesamten Kieferkörper; auf der anderen Seite aber auch Ausdruck progressiver Veränderungen, wie sie als Erscheinungen bei zystischen oder chronischen entzündlichen Prozessen bereits beschrieben wurden.

Fast alle entzündlichen Erkrankungen sind hier einzureihen. So zeigt die Osteomyelitis lokalisata beispielsweise im Röntgenbild sichtbare fleckige Osteoporose mit Sequestrierung. Sie hat ihre Ursache in paradentaler Infektion nach Extraktion oder im Übergreifen eines entzündlichen Prozesses

von einem exulzerierten malignen Tumor oder über offene Frakturen. Es kann eine plötzliche Spontanfraktur eintreten. Die Osteomyelitis diffusa führt auf hämatogenem Wege zu den gleichen Erscheinungen. Röntgenologisch imponieren wieder multiple kleine Destruktionsherde, zahlreiche Sequester umgeben von Granulationsgewebe, vollkommene Zerstörung des Alveolarfortsatzes und Zahnausfall. Es kommt zum vollständigen Knochenumbau mit kräftiger Verdickung des Alveolarfortsatzes. Gerke-Lepp beschreiben 1937 das Krankheitsbild der Kieferosteomyelitis im Kleinkindalter mit den besonderen Merkmal der Zahnkeimsequestrierung. Unter Berücksichtigung klinisch-röntgenologischer und patho-histologischer Studien konnten sie eine gewisse Bevorzugung der Lokalisation im Oberkiefer, insbesondere der Eckzahngegend beobachten. P.a.-Aufnahmen zeigen außerdem eine Asymmetrie des gesamten Gesichtsschädels, was äußerlich einem Zurückbleiben des Kieferwachstums und dem verspäteten und verdrehten Durchbruch nicht geschädigter Zähne gleichkommt. Eine besondere Form von Kieferosteomyelitis ist die Kiefernekrose nach strahlentherapeutischen Eingriffen. Das Röntgenbild zeigt neben größeren Sequestern ausgedehnte Substanzdefekte. Auch die Tuberkulose kann vom Zahnfleisch aus sekundär auf den Kiefer übergreifen. Röntgenologisch sind uncharakteristische und unscharf begrenzte osteolytische Prozesse am Alveolarfortsatz sichtbar. Die Aktinomykose bleibt meist ohne Knochenveränderungen. Es kommt lediglich zu unspezifischer Granulationsbildung mit gelegentlich periostaler Reaktion, verbunden mit oberflächlichen Knochenusuren. Als wesentlich wird hervorgehoben, daß man bei chronischer Eiterung und den bekannten Hautveränderungen überhaupt an diese Ätiologie denkt und die Diagnose dann nach bakteriologischer Untersuchung stellt. Waßmund berichtet 1938 von einer Aktinomykoseerkrankung der Kieferknochen dreier 13-jähriger Kinder im Anschluß an den Durchbruch des 2. Molaren. Im Röntgenbild war der Raum des Zahnkeims durch Knochenabbau weit über die Norm hinaus vergrößert, der Perikoronalraum von 1 mm auf 3—4 mm verbreitert. Überdies konnte die sonst normalerweise verdichtete Zone um den Keim nicht mehr festgestellt werden. In diesem Stadium ist die Verwechslung mit einer beginnenden Follikularzyste möglich. Nach einiger Zeit aber wurden die vom Zahnsäckchen gebildeten Grenzen gesprengt und es entstanden unregelmäßige Konturen in der Röntgenzeichnung einer circumscripten Ostitis. Gleichzeitig wurde eine produktive Periostitis bemerkbar, die auf der Außenfläche des Kiefers als apponierte Knochenschale röntgenologisch sichtbar war. Die unregelmäßige Lückenbildung im Knochen wies differential-diagnostisch auf eine diffuse nekrotisierende Osteomyelitis hin. Auch die syphilitischen Zerstörungen des harten Gaumens sind viel leichter klinisch als röntgenologisch zu erkennen. Von der Mundhöhle aus kommt es zu Zerstörungen am Alveolarfortsatz oder zu Kieferrandusuren als Folge periostaler Gumma. Allenfalls werden osteosklerotische Prozesse vorgefunden. Im allgemeinen gilt für die röntgenologischen Erscheinungsbilder von Tuberkulose, Lues, Lepra u. a. spezifischen Granulationsgeschwülsten das Auftreten uncharakteristischer oberflächlicher aber auch tiefgreifender unscharf begrenzter Knochenusuren, die als solche keinen Schluß auf die Ätiologie zulassen.

Ferner bedingen eine Reihe von mesodermalen Geschwülsten ebenfalls eine verminderte Gewebsdichte im Röntgenbild. So zeigt z.B. das Fibrom röntgenologisch gleichmäßige, manchmal zystisch aussehende Knochendefekte mit scharfen Grenzen, die bei fehlendem Zahn in nichts von einer Follikularzyste

unterschieden werden können. Das Myxom weist außerdem krümelige Kalkeinlagerungen auf, während das Chondrom sich nur in seiner Tendenz zu unscharfer Begrenzung von den erwähnten Tumoren unterscheidet. Zu den Osteoklastomen zählen die peripheren Granulationsgeschwülste, die Epuliden, mit oberflächlichen Knocheneindellungen und die intraossären zentralen Granulationsgeschwülste. Sie werden in Beziehung gebracht zur Wurzelresorption des Milchzahngebisses, da sie besonders häufig während des Zahnwechsels beobachtet werden. Doch können auch im späteren Alter die unscharf begrenzten Knochendefekte mit keiner oder mäßigen Auftreibung, Arrosion der Wurzelspitzen und septenartigen Ausläufern, sichtbar werden.

Das osteogene Sarkom, als bösartiger Vertreter dieser Reihe, zeigt röntgenologisch Osteolyse mit geringer periostaler Reaktion, später eine mehr oder weniger deutliche Knochenneubildung, die auch extraossär auftreten kann. Man erkennt ferner die Knochendestruktion und recht oft die weichteilähnlichen Schatten des neugebildeten Gewebes. Rundzell- und Lymphosarkome sind nicht selten. Sie führen durch Einwachsen in die Kieferhöhle zur typischen Verschattung und Osteolyse, die aber bei kleinen und rasch wachsenden Tumoren nicht obligat ist.

Bei den ektodermalen Geschwülsten ist das Papillom zu erwähnen, das einen meist gutartigen Tumor der Mundschleimhaut darstellt, im vorgerückten Alter aber als Präkanzerose aufgefaßt werden muß. Werden röntgenologisch Arrosionen sichtbar, so ist der Befund höchst verdächtig auf eine maligne Entartung, auch wenn die histologische Untersuchung an der Oberfläche nur den gutartigen Prozess diagnostizieren läßt.

Das Carcinom des Kiefers nimmt seinen Ausgang meist von der Mundschleimhaut, seltener von einer Epithelzyste, wo es eine zentrale Lage einnehmen kann und im weiteren Verlauf zur Destruktion des Alveolarfortsatzes führt und relativ früh auf das Corpus mandibulae übergreift. Bei allen anderen Fällen verläuft das Kiefercarcinom als peripherer Kiefertumor. Röntgenologisch sind flache, unscharf begrenzte Usuren sichtbar. Die Knochenarrosion verhält sich ziemlich rasch progredient. Nur ausnahmsweise sieht man reaktive Veränderungen in Form von umschriebener Sklerose. Selten kommt es zur Sequestrierung, die allerdings im Anschluß an die radiologische Behandlung besonders nach Zahnextraktionen in Erscheinung treten kann. Zu erwähnen sind noch die verschiedenen Mischgeschwülste mit ihrem Lageort fast ausschließlich am harten Gaumen. Auch hier zeigt sich röntgenologisch die lokale Destruktion des knöchernen Gaumens und der angrenzenden Kieferpartien.

Als letztes sei noch ein vom Zahnapparat ausgehender Tumor erwähnt, der ebenfalls im Röntgenbild eine gut umschriebene Aufhellung von verschiedener Größe zeigt, das Adamantinom. Es nimmt seinen Ausgang vom Stadium der epithelialen Zahnanlage, dem Schmelzorgan. Es ist im Prinzip ein gutartiger Tumor, der aber maligne entarten kann. Sein Wachstum ist langsam und expansiv. Das solide Adamantinom ahmt histologisch die Struktur des embryonalen Schmelzorganes nach. Das zystische Adamantinom zeigt dagegen Einschmelzungen im Zentrum, doch kommen auch hypernephroide Formen vor. Gelegentlich sieht man den Übergang in Pflasterepithel. Typisch ist außerdem, neben der Lieblingslokalisation im Kieferwinkel, der scharf begrenzte osteolytische Prozeß, ohne reaktive Veränderungen am benachbarten Knochen oder Periost. Bei zystischem Bau sind einzelne scharf begrenzte Septen sichtbar, die an der Kieferoberfläche zu

umschriebenen Buckelbildungen führen können. Obwohl röntgenologisch die Grenze scharf ist, besteht mikroskopisch eine Infiltration der benachbarten Knochenpartien, welche die Ursache für die häufigen Rezidive darstellt.

Clementschitsch fordert 1954 zur präoperativen Röntgenuntersuchung maligner Tumoren die Herstellung von Serienaufnahmen der verschiedenen Kieferabschnitte, da nicht nur das Bestehen eines malignen Tumors und dessen ungefähre Ausdehnung festgelegt, sondern auch über jeden einzelnen Abschnitt des Kiefers in kritischer Weise Auskunft gegeben werden soll. Als neue Methoden empfiehlt er zu diesem Zweck das Röntgenschichtbildverfahren, die Röntgenstereoaufnahmen, die Hartstrahltechnik und Vergrößerungsaufnahmen.

Eine erhöhte Knochendichte findet sich beim Vorhandensein von Neubildungen, wie Odontomen, Osteomen, Hyperzementosen, Dentikeln und sklerosierenden Ostitiden. Auch vom Stoffwechsel ausgestossener Knochen (Sequester) zieht Kalksalze an, weshalb er auf Röntgenaufnahmen besonders hervorsticht.

Das Osteom besteht aus kompaktem lamellösen Knochen, der den Kiefer allmählich substituiert, da er nicht abgekapselt auftritt. Differential-diagnostisch ist Morbus Paget in Erwägung zu ziehen.

Ebenfalls ein vom Zahnapparat ausgehender Tumor ist das Odontom. Es imponiert als geschwulstartige Verbildung des Schmelzorgans zu einer späteren Zeit, mit epithelialen und mesodermalen Bestandteilen. Das Vorhandensein von Schmelz, Dentin und Zement erklärt den kalkdichten Schatten im Röntgenbild. Die Abgrenzung zum gesunden Knochen erfolgt durch eine scharfe periphere Zone mit weichteildichter Struktur, die aber nicht auf allen Aufnahmen sichtbar zu sein braucht. Im Zentrum findet sich ein mehr oder weniger großer kalkdichter Schatten, dessen einzelne Stellen transparent sind. Daneben gibt es auch partielle Odontome, die einen Zahn anhängen.

In dieser Weise also kann das Röntgenbild Aufschluß geben über die Art des Knochenangriffs und über die Wirkung eines Krankheitsprozesses auf die Knochenstruktur.
Die endgültige Diagnose jedoch darf erst aus den Ergebnissen röntgenologischer, klinischer und histologisch-mikroskopischer Untersuchungen gestellt werden.

Daß die Röntgenuntersuchung gleich von Beginn an auch zur Lokalisation von Kieferbrüchen verwendet wurde, ist erwähnt worden. Allerdings erfordern die, durch Überlagerung des lufthaltigen Pharynx, der Halswirbelsäule und den übrigen Schädelgebilden bedingten Schwierigkeiten in der Bestimmung der Dislokation mehrere Aufnahmen in zueinander senkrechter Richtung und Spezialeinsstellung.

Als Nebenbefund veröffentlicht Riha 1929 Bilder von der Wurzelfraktur eines Schneidezahnes mit lebender Pulpa, ferner Dierksen 1934 von Resorptionserscheinungen ebenfalls an Zähnen mit lebender Pulpa, die weder durch Nachbarzähne noch als Folge forcierter Regulierungen in Erscheinung traten.

Einen Beitrag zur Abgrenzung des sogenannten „internen Granuloms" bringt Lepp 1938. Dieses tritt im Anschluß an Traumen der Zähne röntgenologisch als meist rundliche, scharf begrenzte Aufhellung im Wurzelkanal

auf, die symmetrisch zur Achse des Wurzelkanals gelagert ist. Es besteht die Gefahr einer Spontanfraktur oder Fraktur während der Extraktion. Nach Schweitzer hat man sich bis zu diesem Zeitpunkt allzusehr auf klinisch-röntgenologische Erscheinungen gestützt, die oftmals einer histologischen Prüfung (Arbeiten von C. H. Fischer und Münch) nicht standhalten. Ein echtes internes Granulom, das den klinischen und histologischen Forderungen Schweitzers in vollem Maße entspricht, wird nur selten beobachtet. Nach histologischer Befunderhebung wird deutlich, daß manchmal klinisch-röntgenologisch ähnliche Pulpenerkrankungen infolge lokaler raumbeengender Prozesse mit Resorptionsvorgängen die Diagnose „internes Granulom" zulassen, die histologisch ein völlig anderes pathogenetisches Bild ergeben.

Weiterhin wird in demnächst erscheinenden Dissertationsarbeiten aus der Universitätsklinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, Würzburg, das Verhalten und der Verlauf von Gefäßkanälchen verfolgt, deren Abbildung im Röntgenbild ebenfalls zu irrtümlichen Auffassungen führen kann (Kettenring), und ferner über die sog. „Ostitis nach Melchior" berichtet (Urbanowicz). Diese betrifft Knochenprozesse im apikalen Bereich extrahierter Zähne, die — wie Melchior 1925 angegeben hat —, aus belassenen apikalen Veränderungen entstehen. Auch Euler, Faber und Weber referierten über dieses Erscheinungsbild.

Noch zu erwähnen bleibt die Entwicklung der Röntgendiagnostik von Kieferhöhle und Kiefergelenk.

Die Kieferhöhlenerkrankungen sind meist schon klinisch diagnostizierbar, so daß die Röntgenaufnahme nur als Ergänzungsmaßnahme zur Sicherung der Diagnose zu werten ist, die gleichzeitig Aufklärung geben muß über den eventuellen lokalen Prozeß (dental oder rhinogen) und seine Beziehungen zur Kieferhöhle als auch über die Beschaffenheit und den Luftgehalt derselben. Das Vorhandensein einer apikalen Ostitis, einer Zyste oder anderer pathologischer Veränderungen in unmittelbarer Nachbarschaft der Kieferhöhle spricht für die dentale Entstehung der Kieferhöhlenerkrankungen. Ob jedoch eine Infektion der Kieferhöhle durch direkte Verbindung infolge Perforation pathologischer Prozesse zustandegekommen ist oder nicht, kann röntgenologisch nur selten festgestellt werden. Pordes hat gezeigt (1920), daß selbst relativ weit vom Antrum entfernte apikale Ostitiden durch einen im Knochen sichtbaren Kanal mit der Kieferhöhle in Verbindung stehen können, während eine solche Verbindung bei schmaler Bodenlamelle nicht zur Darstellung kommt.

Die auf den Röntgenbildern sichtbare Entschattung im Bereich der Nebenhöhlen rührt von dem physiologischen Luftgehalt der pneumatischen Räume her. Das Vorhandensein von Flüssigkeit oder Weichteilmassen beschränkt oder hebt diese Entschattung auf. So kann beispielsweise die Diagnose „Kieferhöhlenempyem" röntgenologisch sicher gestellt werden, wenn bei horizontalem Strahlengang und aufrechter Kopfstellung eine horizontale Grenzlinie sichtbar wird, die dem Spiegel der freien Flüssigkeit entspricht. Andernfalls läßt die Trübung nicht erkennen, ob es sich um Flüssigkeit oder Weichteilmassen handelt. Differentialdiagnostisch kommen in Betracht: akute und chronische Kieferhöhlenentzündung, polypös- hyperplastische Schleimhautveränderungen, katarrhalisch — polypöse Veränderungen, chronische

Schleimhautverdickung, Ödem, Tumoren, Kompression und Verdrängung des Antrumlumens durch expansive Prozesse (Zysten), ferner der Zustand einer bereits operierten Kieferhöhle.

Soviel war um die Jahre 1920—1922 bereits aus Veröffentlichungen von Pordes, Klein, Goldmann-Kilian u. a. bekannt. Die weitere Entwicklung beschränkte sich seitdem im wesentlichen auf die bereits beschriebene Verbesserungen in aufnahmetechnischer Hinsicht.

Es folgen Berichte von Peyser, Vogel, Richter, Köhler, Ferenczy, und Mittermaier. Parma beschreibt 1929 die normale Kieferhöhle unter besonderer Berücksichtigung der interradikulären Buchten. Robinsohn referiert 1933 über ein besonderes röntgenologisches Symptom der beginnenden Kieferhöhlenentzündung. Seine Ausführungen beinhalten, daß vor der Schleimhautentzündung das Stadium der Periostitis die typischen Scharfstrukturbilder des Kieferhöhlenbodens formt. Sie äußern sich infolge amorpher Kalkeinlagerungen als homogene Verdichtung, die von einer knochenstrukturierten Apposition an der Knochenoberfläche abgelöst wird.

Schuricht fast 1934 noch einmal alle Einzelheiten in der Abbildung der Kieferhöhle und ihrer Umgebung zusammen. Er erwähnt neben der Berücksichtigung von Kieferhöhlenboden, Rezessusbildung und Septen, den Verlauf der Nerven- und Gefäßlinien in der Kieferhöhlenwand, Extraktionsbuchten, Beziehungen zu Jochbein (Loos-Gabriel), Nasenboden, Gaumendach und unterem Orbitalrand, wie die Lage des Canalis infraorbitalis und des Perinaudschen Stranges, einer von den Frontzähnen und Prämolaren zum Augenrand verlaufenden Spongiosaverdichtung. Heuser bemerkt abschließend (1943) zur Diagnostik der dentalbedingten Kieferhöhlenerkrankungen, daß nur der gemeinsamen Anwendung enoraler und Schädelaufnahmen mit Einschaltung von Kontrastfüllungen ein höherer Grad von Sicherheit in der Ermittlung der dentogenen pathologischen Zustände zukommt.

Auch für den Bereich des Kiefergelenks wurde die praktische Bedeutung und Technik der Röntgenaufnahmen bereits besprochen. Als Fortschritte sind zu nennen einmal die Standardisierung der gebräuchlichen Röntgenaufnahmen in Übersichts-, Regional- und Nahaufnahmen, zum anderen die neuen Methoden der Kymographie, Tomographie und Arthrographie, deren Vorteile bei der Erkennung und Beurteilung von Frakturen, Subluxationen, Ankylosen, deformierenden Arthropathien, Gelenkknacken und Tumoren bestechen.

So ist auf Grund genauerer Kenntnis pathologisch-anatomischer Grundlagen in Verbindung mit klinischen Daten heute eine kritische Deutung und Auswertung des Röntgenbildes möglich. (Hausser, Heuser, Pommer, Benecke, Axhausen, Bauer, Steinhardt).

In neuerer Zeit ist der dentale Befund auch bei bestimmten Systemerkrankungen erforderlich. Dies betrifft vor allem Entwicklungsstörungen, wie dentale Aplasie in den milderen Fällen einer ektodermalen Dysplasie oder Fälle kleidocranialer Dysostosis mit partieller Aplasie der Schlüsselbeine und nicht zu ausgesprochener kraniofazialer Deformität. Bei anfänglichen geringen Störungen kann die Röntgenvorlage von Zahnbefunden oftmals zur richtigen Diagnose führen.

Auch bei halbseitiger Hypertrophie des Gesichtes ist der Zahnbefund von entscheidendem Wert in differentialdiagnostischer Hinsicht. Die frühzeitige

Entwicklung und der vorzeitige Durchbruch von Zähnen sind neben Makrodontie auf der betroffenen Seite eigentümlich für diesen Zustand und sollten zur Unterscheidung dienen gegenüber Tumoren u. a. Affektionen, welche Gesichtsvergrößerungen hervorrufen. Darüber hinaus kann die Diagnose in früher Kindheit auf röntgenologischer Basis gestellt werden. (Kindlicher Hand-Schüller-Christian: Akrosklerose; Morbus Paget.)

In Fortsetzung der beschriebenen Anwendungsmöglichkeiten der Röntgenstrahlen in der Kieferorthopädie, sei es in prophylaktischer Hinsicht, sei es zur Kontrolle angewandter Maßnahmen, beschäftigen sich auf diesem Gebiet vor allem Gormann, Hauberrisser 1928, Bustin, Leist 1929, Simpson 1930 u. a.

Die röntgenographisch-kephalometrischen Methoden bei der Diagnostik von dento-facialen Anomalien basieren auf der Festlegung bestimmter anthropologischer Ausgangspunkte, Bezugslinien und Bezugsebenen (Spina-Ebene), sowie von bestimmten Winkeln und Dreiecken. Diese Verfahren dienen vor allem der Klärung des „Bautypus" des Patienten; sie ermöglichen eine bessere Erkennung der Zusammenhänge und sie erlauben einmal Rückschlüsse hinsichtlich der Genese und zum anderen Folgerungen für die Durchführung einer zweckmäßigen Therapie.

Auf den Wert des Fernröntgenbildes zu diesem Zwecke weist ausdrücklich noch einmal A. M. Schwarz 1954 hin. Diese Fernaufnahmen wurden erstmals von Groedel für die Diagnose von Lungenherden in die innere Medizin eingeführt. Sie basieren auf der Tatsache, daß die durch die Zentralprojektion bedingten Ungenauigkeiten infolge einer nahezu parallelen Strahlung herabgesetzt werden.

Bei der Analyse des Fernröntgenbildes ist eine strenge Unterscheidung erforderlich zwischen

1) der Ermittlung der Gebißlage zum Schädel (Craniometrie) und
2) der Vermessung des Gebisses (Denturometrie).

Im craniometrischen Untersuchungsgang werden dabei die Lagebeziehungen des Gebisses zum Schädel in dreifacher Hinsicht festgelegt, und zwar durch die Bestimmung der Inklination (Gebißschwenkung), der Position (Parallelverlagerung) und der Hoch- bzw. Tieflage des Kiefergelenkes. Zwischen Profilgestaltung und Gebißwinkel bestehen unverkennbare Zusammenhänge. Besonders deutlich werden sie in der gemeinsamen Darstellung von Weichteilen in Verbindung mit dem knöchernen Schädel. Anfänglich löste Levy-Dorn dieses Problem, indem er in einer Kassette zwei Filme belichtete, von denen der eine zur Knochendarstellung zwischen zwei Folien gelegt wurde, während der zweite Film hinter den Folien liegend und daher von den Folienstrahlen unbeeinflußt, die Weichteile sichtbar werden ließ. Pratje kopiert zum gleichen Zweck die Röntgenaufnahme in eine unter bestimmten Bedingungen aufgenommene Fotografie ein. Wesentlich ist die Methode nach Teschendorf, wobei die Haut mit einem festhaftenden Kontrastmittel überzogen wird(„Röntgenportrait").

Bedeutende Befunde ergaben die Festellungen Bauers und Steinhardts 1939 über die histologischen und röntgenologisch sichtbaren Veränderungen des Processus condyloideus und der Fossa, bei starkem Überbiß und nicht abgestütztem Gebiß. Eine Untersuchung der Frage, ob auch bei kieferorthopädischen Maßnahmen, beispielsweise bei Bißverschiebungen, Umformungen des Gelenkes in Form einer Mesial- oder Distalverlagerung ein-

treten, konnte nach Untersuchungen von Breitner nur angenommen, nicht aber bewiesen werden.

Steinhardt fand drei physiologische Formen des Kiefergelenkes, die jeweils nach der Bißart (Scherenbiß, gerader und stark übergreifender Biß) verschieden sind. Weitere Untersuchungen ergaben die Abhängigkeit auch von der Lagebeziehung der Kiefer zueinander.

Neben der röntgenographisch-kephalometrisch bestimmbaren Lagebeziehung liegt der besondere Vorteil der Röntgenuntersuchung in der Möglichkeit, eventuell ungünstige Formen des Kiefergelenkes bei notwendigen Veränderungen der Bißlage im Behandlungsplan zu berücksichtigen. Insbesondere können mit Hilfe von vergleichenden Gelenksaufnahmen die tatsächlich eingetretenen Umformungen untersucht und zusammen mit Fernröntgenaufnahmen des ganzen Schädels festgestellt werden, welche Veränderungen erzielt wurden, wie weit eine Gelenksumbildung erfolgt ist und ob die Gelenksverhältnisse als stabilisiert angesehen werden können.

Zusammenfassung

In der vorliegenden Arbeit wird über die Entwicklung der zahnärztlichen Röntgendiagnostik berichtet. Es kristallisieren sich dabei jeweils in sich zusammengefaßte Zeitabschnitte heraus, die gegenseitig sowohl in der Art der Diagnostik, als auch in der Möglichkeit der Differenzierung und Ausdehnung des Anwendungsbereiches unterschieden werden können.

Während von der Entdeckung der Röntgenstrahlen an bis zum Beginn des ersten Weltkrieges nur eine allgemeine Untersuchung der Kiefer und Zähne möglich war, bringen schon die Kriegsjahre 1914-1918 eine gewisse Spezialisierung in der Methode der Fremdkörperlokalisierung. Vor allem erlauben es dann die fortlaufend vorgenommenen Verbesserungen auf technischem Gebiete, eine weitgehende Vertiefung der röntgendiagnostischen Befunde zu erreichen. Diese erstrecken sich auf die Untersuchung periapikaler und marginaler Affektionen, die Erkrankungen und Verletzungen im Kieferbereich, die Diagnostik der Kiefergelenks- und Kieferhöhlenerkrankungen, deren röntgenologische Erscheinungsbilder und Darstellungsformen besprochen werden. Ferner wird auf die Verwendungsmöglichkeit der Röntgenstrahlen in der Kieferorthopädie eingegangen.

Die Entwicklung der zahnärztlichen Röntgendiagnostik darf auch heute noch nicht als abgeschlossen betrachtet werden. Neben den beschriebenen Neuerungen der Röntgentechnik lassen die Bestrebungen nach weiteren Helligkeitssteigerungen durch elektronische Bildverstärkung und die Einführung von Farbunterschieden gegenüber den bisher allein gebräuchlichen Helligkeitskontrasten weitere Möglichkeiten offen.

Für die Überlassung des Themas möchte ich Herrn Privatdozenten Dr. G. Bonse meinen besonderen Dank aussprechen.

Ferner danke ich meinem verehrten Lehrer, Herrn Professor Dr. H. Wolf, für die Übernahme des Korreferats.

Literaturverzeichnis

Albers-Schönfeld: Zbl. Chirurg. 30 (1903: 637; — ders.: Münchn. med. Wschr. 53/I (1906): 774; — ders.: Die Röntgentechnik. Verl. Lucas- Gräfe-Sillim 1910; — ders.: Röntgentechnik Verl. Thieme, Leipzig. 1941
Albrecht, J.: Schweiz Vschr f. Z. 6 (1896): 337
Albrecht, H.: Arch. f. Laryng. 20 (1908): 175
Alder, C.: Schweiz. Vschr. f. Z. 39 (1929): 539
Altschul, W.: Fschr. Röntgenstr. 27 (1919): 23
Apfelstädt, M.: D.M.f.Z. 28 (1910): 604
Applebaum, E.: D.z.W. 37 (1934): 1214
Axhausen, G.: Dt. ZMK-Heilkd. 1 (1934): 201
Arcelin, F.: Z.R. 29 (1920): 246
Barth, H.: Münchn. med. Wschr. 63 (1916): 1682
Begelmann J A.: Z.R. 38 (1929): 1803
Bercher,J.: D.M.f.Z. 43 (1925):195
Berghagen, N.-Hjelmström, P., Quintessenz d. z. Lit. 5 (1954): 1
Bertrand, E. R.: D.z.W. 37 (1934): 1214
Beyerlen: D.z.W. 37 (1934):56
Bode, H.: D.M.f.Z. 28 (1910): 585
Bogle, B. R.: Z.R. 30 (1921): 587;744
Born, H. H.: Z.R. 17 (1908): 1213
Bowdler, C. H.: Fschr. Röntgenstr. 3 (1927): 435
Brailsford, J. F.: D.M.f.Z. 48 (1930): 115
Braunschweiger, H.: Z.f.Stom. 16 (1918): 88
Brenner, R.: Schweiz. Vschr. f.Z. 33 (1923): 563
Brunetti, A.: D.z.W. 37 (1934): 420
Buschinger, K.: Inaug. Diss. Würzburg. 1951
Cahn, L. R.: Z.f.Stom. 33 (1935): 284
Ciescynski, A.: Korr. f. Z. 36 (1907-: 158; — ders.: Verhandl. d. 5. internat. Kongr. 1 (1909): 370; — D.M.f.Z. 30 (1912): 150; — ders.: Fschr. Röntgenstr. str. 19 (1915): 556; — ders.: Zähnärztl. Röntgenologie und klin. Zahnheilkd. im Röntgenbild. Verl. A. Barth, Leipzig. 1926
Clementschitsch, F.: Röntgendarstellung des Gesichtsschädels. Verl. Urban-Schwarzenberg, Wien. 1948
Cohn, F.: D.M.f.Z. 47 (1929): 113
Croes, J. de: Z.f.Stom. 33 (1935): 1213
Dieck, W.: D.z.W. 12 (1909): 174; — ders.: Verhandl. d. 5. internat. Kongr. 1 (1909): 74; — ders.: Z.R. 19 (1910): 596; — ders.: Anatomie und Pathologie der Zähne und Kiefer im Röntgenbild. Verl. Gräfe-Sillem, Hamburg. 1911; — ders.: Z.R. 25 (1916): 37
Dierksen,: Z.R. 43 (1934): 759
Dohan, R.: Röntgendiagnostik und Therapie. Verl. M. Perles, Wien. 1916
Dorn, R.: Z.R. 18 (1909): 1425
Düringer, E.: D.z.W. 31 (1928): 984
Eiber, M.E.: Z.R. 38 (1929): 766
Eiselsberg A. v.: Wien. kl. Wschr. 30 (1917): 153 — ders.: Wien. kl. Wschr. 36 (1923): 530
Ennis, Le Roy M.: Fschr d. Zhkd. 3 (1927): 434
Euler, H.: Od. Bl. 12 (1907/1908): 74; — ders.: D.z.W. 11 (1908): 691; — ders.: D.z.W. 32 (1929): 530; — ders.: D.z.W. 36 (1933): 191

Fabiunke, G.: D.z.W. 12 (1909): 177; — ders. Fschr. Röntgenstr. 17 (1909): 853
Ferenczy, K.: Dt. ZMK-Heilkd. 9 (1942): 522 — ders.: Fschr. Röntgenstr. 68 (1943): 752
Fränkel, E.: Z. R. 33 (1924): 67
Gardner, B.S.: Z.R. 34 (1925): 385
Gerke: Dt. ZMK-Heilkd. 4 (1937): 489
Geiß, R.: Inaug. Diss. Würzburg. 1950
Geißler, K.: Z.R. 34 (1925): 639
Gocht, H.: Die Röntgenliteratur. Verl. Ferd. Enke, Stuttgart. 1927
Goldmann-Kilian: Beitr. z. kl. Chir. (1907): 1
Goldmann, R.: Fschr. Röntgenstr. 40 (1929): Kongreßheft 90
Grauer, S.: Z.f.Stom. 25 (1927): 337
Grunert, O.: Z.Wbl. 9/10 (1896): 413
Grunmach, E.: Od. Bl. 10 (1905/1906): 302; — ders. D.m.W. 9 (1906): 321; — ders.: Münchn. med. Wschr. 53/I (1906): 729
Guttmann, C. A.: D.z.W. 7 (1905): 712
Guye, P.: Schweiz. Vschr. f.Z. 10 (1900): 199; — ders.: Schweiz. Vschr. f. Z. 13 (1903): 110
Haber, G.: Z.R. 34 (1925): 568
Haenisch, F.: D.z.W. 12 (1909): 1043; — ders.: Fschr. Röntgenstr. 15 (1909): 465; — ders.: Fschr. Röntgenstr. 31 (1923): Kongreßheft 1; — ders.:Fschr. Röntgenstr. 77 (1952): 251
Hasselwander, A.: Münchn. med. Wschr. 62 (1915: 44; — ders.: Münchn. med. Wschr. 63 (1916): 21; — ders.: Münchn. med. Wschr. 64 (1917):21; — ders.: Fschr d. Zhkd. 1 (1925): 116; — ders.: Fschr. Röntgenstr. 40 (1929): 189
Hauberrisser,Fschr. d. Zhdk. 1 (1925): 637; — ders. Z.R. 35(926): 651; — ders.: Fschr. d. Zhkd. 3 (1927): 421; — ders.: Fschr. d. Zhkd. 4 (1928): 616
Haunfelder, D.: D.Z.Z. 10 (1955): 325
Hauptmeyer, F.: D.z.W. 10 (1907): 533
Hausser, E.: Dt. ZMK-Heilkd. 7 (1940): 117
Häupl, K.: D.M.f.Z. 48 (1930): 115; — ders.: Lb. d. Zahnheilkunde. Verl. Urban-Schwarzenberg, Wien 1949
Hecht, R.: Zur Röntgentechnik und Diagnostik. Radionta-Verl. Berlin, 1933
Herulf, G.: Z.f.Stom. 29 (1931): 1398
Hesse, G.: D.z.W. 10 (1907): 68
Heuser, H.: Dt. ZMK-Heilkd. 10 (1943): 363; 371; — ders.: Zahnärztliche Röntgendiagnostik. Verl. J. A. Barth, Leipzig 1952
Hoepfl: Fschr. Röntgenstr. 57 (1938):495
Hoffmann, A.: Inaug. Diss. Bonn. 1930
Holzknecht, G. H.: Hb. d. Röntgenlehre. Verl. Urban-Schwarzenberg. Berlin-Wien. 1918
Hubmann, H.: D.z.W. 24 (1921): 211
Huysen, van: Journ. of Dent. Res. (1934): 168
Immemann, M.: Röntgenhilfe. Berlin. 1 (1921): 1
Jackson, Ch.: Z.R. 37 (1928): 937
Jacobsen, L.: Quintessenz d. z. Lit. 5 (954):1
Jarisch, A.: Oe. Z.f. Stom. 20 (1904): 442
Kantorowicz, A.: D.M.f.Z. 28 (1910): 282; — ders.: Handwörterbuch d. ges. Zhkd. Verl. A. Barth, Leipzig, 1929, 1930, 1931
Kells, E.: Fschr. d. Zhkd. 3 (1927): 423

Kersting, G.: D.M.f.Z. 22 (1904): 634; — D.z.W. 7 (1904): 117
Kienböck, R.: Wien. z. Mschr. 2 (1902): 242; — ders.: Acta Radiol. 7 (1926): 51
Klein, B.: Z.f. Stom. 18 (1920): 103
Kneschaurek, H.: Vschr. f. Zhkd. 38 (1922): 46
Kottmaier, G.: Z.f. Röntgenol. 17 (1924): 18
Köhler, A.: Grenzen des Normalen und Anfänge des Pathologischen im Röntgenbild. Verl. Thieme, Leipzig. 1928; — ders.: Fschr. Röntgenstr. 17 (1909): 581; — ders.: D.z.W. 13 (1910): 581
Lachmann, E.: Fschr. d. Zhkd. 5 (1929): 681
Laguardia, H.: Schweiz. Vschr. f. Z. 43 (1933): 517
Lapidus, F.: Z.f.Stom. 32 (1934): 664; — ders.: Z.f.Stom. 26 (1928): 1096
Leist, M.: Z.f.Stom. 31 (1933): 1525
Leist, M.-Bustin, E.: Z.f.Stom. 27 (1929): 459; 660
Lenk, R.: Grundzüge der Elektrotherapie und Röntgenologie. Berlin. Verlagsanstalt. 1920; — ders.: Einführung in die zahnärztliche Röntgenologie. Verl. Bergmann, München. 1923
Lepp, H.: Dt. ZMK-Heilkd. 5 (1938): 29
Levy-Dorn: D.m.W. 8 (1905): 675
Lifschitz, R.: Fschr. d. Zhkd. 3 (1927): 438
Loos, O.: D.z.W. 28 (1925): 259
Loos-Gabriel: Röntgendiagnostik und Therapie in der Zhkd.. Verl. Thieme, Leipzig. 1931
Löhr, R.: Z.R. 33 (1924): 558
Luda, G.: Z.R. 20 (1911): 440;; 478
Lurie, W. A.: Z.f.Stom. 27 (1929): 625
Mc. Call-Wald: Hb. d. kl. dent. Röntgenologie. Medica-Verl. Stuttgart-Degerloch. 1954
Meder, F.: D.M.f.Z. 22 (1904): 681; — ders.: D.M.f.Z. 23 (1905): 29
Miller, W. D.: D.z.W. 4 (1901/1902): 352; — ders.: D.z.W. 5 (1902/1903): 472; — ders.: D.m.W. 8 (1905): 673; — ders.: Od. Bl. 10 (1905,1906): 305
Miller, H. C.: D.M.f.Z. 48 (1930): 501
Mittermaier, R.: Krankheiten der Nasennebenhöhlen im Röntgenbild. Verl. Thieme, Stuttgart. 1952
Montigel, Th.: Schweiz. Vschr. f. Z. 20 (1910): 247; — ders.: Schweiz. Vschr. f. Z. 21 (1911): 83
Morgan, R. S.: D.z.W. 9 (1906): 838; — ders.: Z.f.Stom. 32 (1934): 1292
Möller, R.: Z.R. 30 (1921): 565
Müller, J.: D.M.f.Z. 40 (1922): 695
Neumann: Vschr. f. Zhkd. 40 (1924)
Nodine, A. M.: Z.R. 31 (1922): 721
Parma, C.: Z.f.Stom. 25 (1927): 776; — ders.: Z.f.Stom. 26 (1928): 472; — ders.: Zahnärztliche Röntgendiagnostik. Verl. Urban-Schwarzenberg. Berlin-Wien. 1929; — ders.: Z.f.Stom. 32 (1934): 1423; — ders.: Irrtümer der zahnärztlichen Röntgendiagnostik. Verl. Urban-Schwarzenberg. Berlin-Wien. 1938
Partsch-Bruhn-Kantorowicz: Hb. d. Zhkd. Verl. J.F. Bergmann, Wiesbaden 1917; — ders.: Hb. d. Zhkd. Verl. JF. Bergmann, Wiesbaden, 1924 — ders.: Hb. d. Zhkd. Verl. J.F. Bergmann, München. 1939
Pfaeffli, Ch. F.: Schweiz. Vschr. f. Z. 34 (1924): 529
Praeger, W.: Z.R. 35 (1926): 867
Peckert, H.: D.z.W. 9 (1906): 577; — ders.: D.z.W. 10 (1907): 348; 666

Peyser, F.: Archiv. f. Laryng. 21 (1908): 126
Pollia, J. A.: Fschr. d. Zhkd. 3 (1927): 437
Pont, A.: D.M.f.Z. 39 (1921): 211
Pordes, F.: Wien kl. Wschr. 29 (1914): 85; — ders.: Z.f.Stom. 17 (1919): 213; — ders.: Radiologische Darstellung der einzelnen Zähne und Kiefer. Verl. Urban-Schwarzenberg. Berlin-Wien 1919; — ders.: Z.f.Stom. 18 (1920): 96; 127; — ders.: Z.R. 30 (1921): 725; — ders.: Z.f.Stom. 20 (1922): 564; — ders.: Z.f.Stom. 22 (1924): 334
Port, G.: Korr. f. Z. 28 (1899): 333; — ders.: D.M.f.Z. 18 (1900): 391; — ders.: D.z.W. 4 (1901/1902): 326; — ders.: Wien kl. Wschr. 3 (1901): 454; — ders.: D.z.W. 5 (1902/1903): 115; 425; — ders.: Od. Bl. 8 (1903): 180; — ders.: D.M.f.Z. 22 (1904): 625; 752; 681
Port-Euler: Lb. d. Zhkd. Verl. J.F. Bergmann, München, 1951
Port-Peckert: Die Röntgenphotographie in der Zahnheilkunde. Verl. G. Thieme, Leipzig, 1909
Psenner: Seltene Kieferhöhlenerkrankungen, Verl. A. Barth, Leipzig. 1953
Reckow, J. F. v.: D.z.W. 36 (1933): 278; — ders.: Dt. ZMK-Heilkd. 7 (1940): 292
Reinmöller-Burchard: Zahnärztliche Röntgenologie. Verl. A. Barth, Leipzig. 1914
Reinmöller, M.M.: D.M.f.Z. 41 (1923): 37; — ders.: Ergebnisse der ges. Zhkd. 1 (1911): 1147
Richter, H.: Münchn. med. Wschr. 73 (1926): 941
Rieder-Rosenthal: Lb. der Röntgenkunde. Verl. A. Barth, Leipzig 1913; — ders.: Hb. der Zahnheilkunde. Verl. A. Barth, Leipzig 1918; — ders.: Lb. der Röntgenkunde. Verl. A. Barth, Leipzig 1922
Rige, C.: Schweiz. Vschr. f.Z. 6 (1896): 28
Riha, F. G.: Z.f.Stom. 20 (1922): 266; 508; 633; 303; 454; 340, — ders.: Z.f.Stom. 22 (1924): 322; 796; — ders.: D.M.f.Z. 43 (1925): 300; — ders.: Z.f. Stom. 26 (1928): 241; — ders.: Z.f.Stom. 27 (1929): 315
Robinsohn, J.: Oe.Z.f.Stom. 27 (1911): 177; — ders.: Fschr. Röntgenstr. 22 (1915): 343; — ders.:Z.R. 36 (1927): 1589; — ders.: Wien kl. Wschr. 40 (1927): 1594; — ders.: Mschr. f. Ohrenheilkd. 67 (1933): 145
Röntgen, W. C.: Sitzungsbericht der Physikalisch-Medizinischen- Gesellschaft. Würzburg. 1895
Ruckensteiner: Normale Entwicklung des Knochensystems im Röntgenbild. Verl. Thieme, Leipzig. 1931
Salamon, H.: D.M.f.Z. 35 (1917): 126
Simon, P. W.: Korr. f. Z. 41 (1912): 282; — ders.: Röntgenologica 1 (1922): 17; — ders.: Zahnärzliche Röntgendiagnostik. Verl. Mai, Budapest 1923
Stafne, E. C.: Journ. of Dent. Res. (1934): 181
Steinhardt: Z.M. 42 (1954): 654
Schaeffer-Stuckert: D.M.f.Z. 15 (1897): 1; — ders.: D.z.W. 7 (1905): 859
Scheff, J.: Hb. d. Zhkd. 3 (1904): Verl. A. Hölder, Wien 1904
Scheff-Pichler: Hb. d. Zhkd. 1 (1922): 619; 2 (1922); Verl. Urban-Schwarzenberg, Berlin-Wien 1922
Schenk, F.: Oe. Ung. Vschr. f. Z. 19 (1903): 455
Schild: D.z.W. 10 (1907): 71
Schimmer, W.: Inaug. Diss. Würzburg. 1921
Schinz, H. R.: Lb. d. Röntgendiagnostik. Verl. Thieme, Leipzig. 1928
Schinz-Baensch: Lb. d. Röntgendiagnostik. Verl. G. Thieme, Stuttgart 1952

Schleussner, C.: Wschr. über d. Fschr. in Wissenschaft u. Technik. Sondernummer Sept. 1922.
Schmuziger: Z.f.Stom. 35 (1937): 240
Schuricht: D.z.W. 37 (1934): 401
Schwarz, A. M.: D.z.W. 9 (1906): 46; — ders.: Z.M. 42 (1954): 654
Teschendorf: Dt. ZMK-Heilkd. 2 (1935): 156
Texier, A.: Z.R. 34 (1925): 470
Thoma, K. H.: D.z.W. 37 (1934): 235
Tomes, C.: Z.R. 10 (1901): 84
Tousey, S.: D.M.f.Z. 24 (1906): 592
Toverud, G. - Häupl, K.: D.z.W. 37 (1934): 801
Urbach, J.: Z.R. 33 (1924): 414
Vogel, H.: Dt. med. Wschr. 47 (1921)
Walkhoff,O.: D.M.f.Z. 15 (1897): 263; — ders.: Korr. f.Z. 27 (1898): 97; — ders.: D.M.f.Z. 33 (1915): 353; — ders.: Korr. f.Z. 57 (1928): 307
Waßmund, M.: Vschr. f. Zhkd. 43 (1927): 524; — ders.: Dt.ZMK-Heilkd. 5 (1938): 596
Weski, O.: D.z.W. 18 (1915): 540; — ders.: Z.R. 29 (1920): 63; 333; — ders.: Z.R. 30 (1921): 153; 738; — ders. Vschr. f. Zhkd. 38 (1922): 1; — ders.: Z.R. 33 (1924): 158
Wild, G.: Fschr. Röntgenstr. 90 (1929): 189
Winkler: Fschr. Röntgenstr. 5 (1901/1902): 147
Witzel, C.: D.z.W. 7 (1905): 290
Witzel, A.: D.z.W. 9 (1906): 882; — ders.: Korr f. Z. 36 (1907): 275; 367; — ders.: Röntgenphotographie in der Zhkd. Verl. Thieme, Leipzig 1909; — ders.: Z.R. 19 (1910): 596
Wolf, H.: Klinik der Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten. Urban-Schwarzenberg, München-Berlin 1950.

Lebenslauf

Am 28. 7. 1930 wurde ich, Irmgard Rupperti, als erstes Kind des Zahnarztes Clemens Rupperti und seiner Ehefrau Luise Rupperti, geborene Schuhmann, in Kitzingen am Main geboren. Von 1937 bis 1940 besuchte ich hier die Volkschule und trat dann in die 6-klassige Mädchenoberschule ein. Als nach Kriegsende die Schulen wieder eröffnet wurden, wechselte ich in die Oberrealschule für Jungen, ebenfalls in Kitzingen, über und legte dort 1950 die Reifeprüfung ab. Im gleichen Jahr begann ich mit dem Studium der Zahnheilkunde an der Julius-Maximilian-Universität zu Würzburg. Nach 3 vorklinischen Semestern bestand ich die zahnärzliche Vorprüfung, nach weiteren 4 klinischen Semestern das zahnärztliche Staatsexamen mit der Note 1.

Seit November 1954 bin ich als Volontärassistentin an der Klinik für Zahn-, Mund- und Kieferkrankheiten, Würzburg, tätig.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich die vorliegende Arbeit selbständig verfaßt und außer der angegebenen Literatur keine weiteren Hilfsquellen benützt habe.

Ich versichere ehrenwörtlich, daß ich bisher von keiner anderen Seite ein Dissertationsthema zur endgültigen Bearbeitung erhalten habe.

Irmgard Rupperti

Buchdruckerei Alfred Weißenberger Kitzingen a. Main